

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN  
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT  
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

**Ameisenverfügbarkeit im Grünland als Nahrung für den Wendehals**

Bachelorarbeit

**von**

**Dominik Henseler**

Bachelorstudiengang 2014

Studienrichtung Umweltingenieurwesen

Abgabedatum: 07. September 2017

Korrektoren

Prof. Dr. Graf, Roland Felix

ZHAW, Grüental, 8820 Wädenswil

Lanz, Michael

Schweizerische Vogelwarte, Seerose 1, 6204 Sempach

## Impressum

### Schlagworte

Wendehals, *Jynx torquilla*, Grünland, Extensive Weide, Extensive Wiese, Trockenweide, Trockenwiese, Ameise, Ameisenhügel, Ameisennest, Solothurner Jura

### Zitiervorschlag

Henseler, D. (2017). Ameisenverfügbarkeit im Grünland als Nahrung für den Wendehals. Bachelorarbeit. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW, Wädenswil. Unveröffentlicht

### Adresse des Instituts

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW  
Departement N: Life Sciences und Facility Management  
Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen IUNR  
Forschungsgruppe Wildtiermanagement WILMA  
CH-8820 Wädenswil ZH

## Zusammenfassung

Eine Verschlechterung des Habitats aufgrund der Intensivierung der Landwirtschaft führte beim Wendehals (*Jynx torquilla*) ab den 1950er bis in die 1990er Jahre in der Schweiz zu starken Bestandseinbussen, sodass er heute eine potentiell gefährdete Art der Roten Liste und Prioritätsart für die Artenförderung ist. Dieser Brutvogel halboffener Lebensräume mit Grasfluren ist auf eine lückige Vegetation mit 40 - 80 % freiem Boden und grossem Ameisenreichtum angewiesen, wobei ihm die Ameisen in Form von Larven, Puppen und Imagines als Nahrungsressource dienen. Ein neues Förderprojekt der Schweizerischen Vogelwarte und BirdLife Schweiz in Zusammenarbeit mit lokalen Partnern hat zum Ziel, die Verbreitung des Wendehalses aus der Westschweiz weiter in die Kantone Bern, Solothurn und Aargau auszudehnen. Die Nahrungsverfügbarkeit und -erreichbarkeit ist jedoch in dieser Region noch weitgehend unbekannt.

Im Rahmen dieser Arbeit untersuchte ich deshalb zur Brutzeit des Wendehalses vier Grünlandtypen (extensive Wiese, extensive Weide, sowie Trockenwiese und Trockenweide) in potentiellen Fördergebieten der Region Solothurner Jura. In 24 Parzellen suchte ich mit einer Kreisplot-Methode ( $n = 4$  Plots/Parzelle) und einer Transekt-Methode ( $n = 1$  Transekt/Parzelle) nach Ameisennestern. Dabei zählte ich die Ameisennester, vermass die Ameisenhögel und bestimmte zusätzlich die Lebensraumtypen in den Untersuchungsflächen. In je fünf Parzellen der Grünlandtypen extensiver Wiese ( $n = 20$  Plots) und Trockenwiese ( $n = 20$  Plots) wiederholte ich die Untersuchung mit der Plot-Methode ein zweites Mal, um die Entwicklung der Nahrungsverfügbarkeit und -erreichbarkeit des Wendehalses zur Brutzeit abzuschätzen.

Die höchste Verfügbarkeit an Ameisennestern fand ich in extensiven Wiesen und dem Lebensraum Arrhenatherion mit einer Dichte von  $0,4 \text{ Nester} \cdot \text{m}^{-2}$ . Die Ameisenhögel mit den durchschnittlich grössten Volumina mass ich in den Trockenweiden ( $2'310 \text{ cm}^3$ ). Die Ameisenerreichbarkeit ist in den Trockenwiesen und -weiden, bei welchen ich ausschliesslich den Lebensraum Mesobromion feststellte, am geeignetsten. Hier herrscht die lückigste (80 %) und durchschnittlich niedrigste (15 cm) Vegetation. Die Entwicklung der Ameisenaktivität in den 40 wiederholt untersuchten Plots verzeichnete eine Zunahme von 15 Ameisennestern (+ 25,4 %) und die Summe aller Högelvolumina nahm in der zweiten Untersuchung um 18,2 % ( $22'776 \text{ cm}^3$ ) zu. Während ich in der ersten Untersuchung der 96 Plots 117 Nester (inkl. 22 unterirdische Nester) gefunden habe, fand ich mit der Transekt-Methode 85 Ameisenhögel und keine unterirdischen Nester.

Sowohl in der Förderung des Wendehalses als auch der Grünlandameisen, erachte ich es als wichtig, vermehrt die Lebensraumtypen mit zu berücksichtigen. Dabei soll insbesondere ein Augenmerk auf das Mesobromion gelegt werden, welches in allen Grünlandtypen vertreten war. Insgesamt sollte auf eine stickstoffarme und kleintierschonende Bewirtschaftung Rücksicht genommen und Landwirtschaftsflächen reicher strukturiert werden.

---

## Abstract

Habitat deterioration due to the intensification of agriculture led to a severe decline of the Eurasian Wryneck (*Jynx torquilla*) population in Switzerland from the 1950s to the 1990s. As a consequence, the Eurasian Wryneck is today a potentially endangered species on the Red List and a priority species for conservation in Switzerland. This breeding bird of semi-open grassland habitats is dependent on 40 to 80 % bare ground and a large number of ants. The ants are eaten as larvae, pupae and imagines. Ants prefer open and structured greenland areas with mosaic-like vegetation-free areas, small islands of shrubs and versatile microhabitat. A new project of the Swiss Ornithological Institute and BirdLife Switzerland, in cooperation with local partners, aims to extend the distribution of Eurasian Wryneck from western Switzerland to the cantons of Bern, Solothurn and Aargau. However, food availability and food accessibility is still largely unknown in this region.

For this work, I investigated grassland types (non-intensively used meadows and pastures, dry meadows and dry pastures) in potential areas of the Solothurn Jura region for this purpose. In 24 parcels, I looked for anthills using a circleplot-method ( $n = 4$  plots/parcel) and a transect method ( $n = 1$  transect/parcel). I counted the anthills, measured them and determined the type of habitat in the investigated areas. In five parcels of non-intensively used meadow ( $n = 20$  plots) and dry meadow ( $n = 20$  plots), I repeated the study with the plot method a second time to assess changes in food availability and accessibility to the Eurasian Wryneck during breeding time.

I found the highest availability of ant nests in non-intensively used meadows and the habitat Arrhenatherion with a density of  $0.4 \text{ nests} \cdot \text{m}^{-2}$ . The anthills with the average mean volumes were found in dry pastures ( $2'310 \text{ cm}^3$ ). The accessibility of ants was best in dry meadows and dry pastures, in which I exclusively found the Mesobromion habitat. It contained the lowest density (80 %) and mean height (15 cm) of vegetation. The number of anthills in the 40 plots that were examined twice increased by 25 (25.4%) and the sum of all hill volumes increased by 18.2% ( $22'776 \text{ cm}^3$ ) between the first and the second visit. During the first visit, I found 117 antnests (including 22 subterranean nests) using the plot method 85 anthills using the transect method (no subterranean nests).

I argue that it is important for promoting Eurasian Wrynecks and grassland ants to consider habitats. Particular attention should be paid to the Mesobromion habitat, which was found in all grassland types. Overall, a low-nitrogen and small-scale management should be attempted and the agricultural areas should be structured with more variability.

---

## Dank

Ich möchte mich bei folgenden Personen und Organisationen für ihre fachliche und persönliche Unterstützung speziell bedanken, denn sie trugen wesentlich zur Ermöglichung dieser Arbeit bei:

Michael Lanz, Korrektor und Betreuer seitens der Schweizerischen Vogelwarte, für die Unterstützung und Anregungen bei der Planung und Durchführung der Arbeit, sowie den Literaturhinweisen. Roland F. Graf, Korrektor und Betreuer seitens der ZHAW für die allgemeine Unterstützung und Anregungen. Pius Korner für die Beratung und Unterstützung der statistischen Datenauswertung und für das Korrekturlesen. Zusätzlich danke ich der Schweizerischen Vogelwarte für die finanzielle Unterstützung der Arbeit, sowie für die Zurverfügungstellung der benötigten Materialien für die Feldarbeit und dem Kanton Solothurn für die Zurverfügungstellung der Agrardaten. Des Weiteren danke ich Niklaus Zbinden für die Literaturhinweise und Martina Siegrist und Pirmin Nietlisbach für das Korrekturlesen. Abschliessend möchte ich mich bei allen Landwirten bedanken, die es mir erlaubten die Daten auf ihren Landwirtschaftsflächen zu erheben und für die Informationen, welche aus den interessanten Gesprächen hervorgingen.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	7
2	Methode.....	9
2.1	Untersuchungsgebiet .....	9
2.2	Stichprobenkonzept .....	10
2.2.1	Stratifizierung, räumliche Anordnung und Stichprobenumfang .....	10
2.2.2	Abgrenzung, Ausschlusskriterien und Verschiebungsregeln .....	11
2.3	Datenerhebung .....	12
2.3.1	Parameter.....	13
2.4	Statistische Datenanalyse .....	15
3	Resultate.....	18
3.1	Plot-Methode .....	18
3.1.1	Ameisenverfügbarkeit .....	19
3.1.2	Wiederholungsuntersuchung.....	21
3.1.3	Ameisenerreichbarkeit.....	23
3.2	Transekt-Methode.....	26
3.3	Vergleich der Erhebungsmethoden (Plot vs. Transekt).....	27
4	Diskussion.....	28
4.1	Ameisenpräsenz im Grünland .....	28
4.2	Vegetationsbedingte Erreichbarkeit der Nahrung .....	29
4.3	Methodendiskussion .....	30
4.4	Praxisrelevanz und Förderung von Ameisen im Grünland .....	32
5	Literaturverzeichnis.....	34
	Abbildungsverzeichnis.....	37
	Tabellenverzeichnis .....	39
	Anhang .....	I

---

## 1 Einleitung

Der Wendehals (*Jynx torquilla*), ein einst weit verbreiteter Specht in der Schweiz, hat ab den 1950er bis in die 1990er Jahre stark an Bestand eingebüsst (Glutz von Blotzheim & Bauer, 1994; Knaus et al., 2011). Als Gründe werden die Intensivierung der Landwirtschaft und den Einsatz von Düngemitteln angesehen, was seit dem zweiten Weltkrieg eine Verschlechterung des Habitats zur Folge hat (Coudrain & Arlettaz & Schaub, 2010). Der Wendehals ist ein Kurzstreckenzieher und kehrt ab Anfang April in sein Brutgebiet zurück (Van Wjik et al., 2013). Im Brutgebiet bevorzugt er halboffene Lebensräume mit Grasfluren, welche auch landwirtschaftlich genutzt werden können (Glutz von Blotzheim & Bauer, 1994). So sind beispielsweise Feldgehölze, Obstgärten und Weinbauflächen geeignete Habitate (z.B. Glutz von Blotzheim & Bauer, 1994; Schmid et al., 1998; Weisshaupt et al., 2011). Diese Strukturen bieten Deckung und weisen Rufwarten, sowie Nistgelegenheiten auf. Der Wendehals brütet sowohl in natürlichen Bruthöhlen, wie auch in künstlichen Nisthilfen (Zingg et al., 2010), wobei neben ebenem Gelände auch Hügelland und Hanglagen bewohnt werden (Glutz von Blotzheim & Bauer, 1994). Die benötigten Freiflächen werden zur Futtersuche genutzt, wo der Wendehals nach seiner bevorzugten Beute, der Schwarzgrauen Wegameise (*Lasius niger*), Gelben Wiesenameise (*Lasius flavus*) und Gewöhnlicher Rasenameise (*Tetramorium caespitum*) sucht (Freitag, 1996; Glutz von Blotzheim & Bauer, 1994; Mermod et al., 2009). Der Nahrungserwerb findet vorwiegend in Nestnähe am Boden statt (Glutz von Blotzheim & Bauer, 1994), wobei die Nahrung aus Larven, Puppen und Imagines besteht (Freitag, 1996; Seifert, 2009). Die Beute wird von einer Warte aus, oder direkt am Boden gesucht (Weisshaupt et al., 2011). Dabei wird ein vegetationsfreier Boden von 40 - 80 % bevorzugt (Weisshaupt et al., 2011). Intensiv bewirtschaftetes Grünland und Äcker werden dabei gemieden, hingegen scheint ameisenneistreiches Grünland mit mosaikartig verteilten und vegetationslosen Stellen mit Nistmöglichkeiten bevorzugt zu werden (Coudrain & Arlettaz & Schaub, 2010). Mit dem Schnabel werden Ameisenhögel aufgehackt und die Beute anschliessend mit der Zunge in den Rachen befördert (Glutz von Blotzheim & Bauer, 1994). Gemäss einer Beobachtung von Claudy (1951) vermag der Wendehals kleine Löcher in die Erde zu bohren. Auch sitzt der Specht an Ameisenstrassen und pickt die vorbeigehenden Ameisen auf (Freitag, 1996; Glutz von Blotzheim & Bauer, 1994). Die Wahrscheinlichkeit der Besetzung eines Wendehalsreviers steigt bei einer Ameisennestdichte von einem Nest pro Quadratmeter von 20 % ohne Nisthilfe auf rund 90 % mit Nisthilfe (Coudrain & Arlettaz & Schaub, 2010).

Grünland in seiner Vielfalt ist auch von grosser Bedeutung für die Existenz verschiedener Ameisen in der Kulturlandschaft (Dauber, 2009). Sie können in diesem Lebensraum eine hohe Biomasse erreichen und tragen somit entscheidend zum Ablauf von Ökosystemprozessen bei (Folgarait, 1998, gefunden in Dauber, 2009). Offene und strukturreiche Grünlandflächen mit mosaikartig vegetationsfreien Bereichen, kleinen

Inseln von Gehölzen und vielseitigem Mikrohabitat werden von den Ameisen bevorzugt (Dauber, 2009). Zusätzlich spielt die Vegetationshöhe und -dichte eine generelle Rolle für die Präsenz von Invertebraten (Coudrain & Arlettaz & Schaub, 2010). Diese Gegebenheiten bedingen, dass über 50 % der mitteleuropäischen Ameisenarten xerothermophil und grundsätzlich auf trockene und magere Rasen angewiesen sind (Dauber, 2009; Seifert, 2009). Seifert (2009) fand in diesem Zusammenhang heraus, dass sich die Ameisenbrut am besten bei einer Temperatur von 22 - 30 °C entwickelt. Ein Ameisenhügel besitzt dazu die nötigen thermoregulatorischen, sowie luft- und erdfeuchtigkeitsregulierenden Eigenschaften. Ein Ameisenhügel wärmt sich durch das Verbauen von sich zersetzendem und schnell erwärmendem organischem Material, sowie durch die von der Sonne beschienenen, vergrösserten Oberfläche und den aktiven Stoffwechsel der Ameisen schnell auf. Ein frühes Aufwärmen des Nests bedeutet einerseits einen längeren Zeitraum zur Futtersuche und eine erhöhte Produktivität der Königin und andererseits entwickelt sich die Brut schneller. Dabei werden die Puppen unter den oberen Erdmantel, wo es trockener ist und die empfindlichen Eier und Larven tiefer in den Hügel, wo eine höhere Feuchtigkeit herrscht, transportiert (Hölldobler & Wilson, 2013). Durch die Intensivierung im Grünlandmanagement, der Aufgabe traditioneller Bewirtschaftung, Fragmentierung und der Zunahme an Störung und Belastung durch Nährstoffe und Pestizide gerät das Grünland unter Druck (Jongman, 2002, gefunden in Dauber, 2009).

Der Wendehals steht heute als potenziell gefährdete Art auf der Roten Liste der gefährdeten Brutvogelarten der Schweiz und ist eine Prioritätsart für die Artenförderung (Keller et al., 2010a; Keller et al., 2010b). Ein neues Förderprojekt der Schweizerischen Vogelwarte und BirdLife Schweiz in Zusammenarbeit mit lokalen Partnern hat zum Ziel, die Verbreitung aus der Westschweiz bis zum Bielersee weiter in die Kantone Bern, Solothurn und Aargau auszudehnen. In dieser Arbeit wird als Grundlage dieses Projektes die Wissenslücke der Nahrungsverfügbarkeit und die -erreichbarkeit für den Wendehals in den Grünlandtypen extensive Wiese, extensive Weide, sowie Trockenwiese und Trockenweide in der Region des Solothurner Juras zwischen Grenchen, Oensingen und dem Scheltenpass geschlossen. Dabei wird folgenden Fragen nachgegangen:

1. Unterscheiden sich die vier verschiedenen Grünlandtypen (extensive Weide und Wiese, Trockenweide, -wiese) und vorgefundenen Lebensraumtypen bezüglich ihrer Ameisenverfügbarkeit?
2. Unterscheiden sich die vier verschiedenen Grünlandtypen und vorgefundenen Lebensraumtypen bezüglich ihrer Erreichbarkeit der Nahrung?
3. Wie verändert sich das Nahrungsangebot des Wendehalses während der Brutzeit?
4. Welche der beiden angewandten Untersuchungsmethoden (1. Kreisfläche 5 m<sup>2</sup>, 2. Transekt auf 100 m<sup>2</sup>) eignet sich besser zum Quantifizieren von Ameisennestern?
5. Wie können die Ameisen in entsprechenden Grünlandtypen oder Lebensraumtypen mittels geeigneter Bewirtschaftung gefördert werden?



## 2 Methode

### 2.1 Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungsflächen liegen im Solothurner Jura zwischen Grenchen und Oensingen. Einige der untersuchten Flächen liegen im regionalen Naturpark Thal. Die Landschaft in der Tallage ist landwirtschaftlich geprägt und umfasst neben intensiv betriebener Landwirtschaft auch extensive Flächen und Trockenwiesen und -weiden (TWW-Objekte). Die untersuchten Gebiete liegen in der Region der Gemeinden Bettlach, Welschenrohr, Herbetswil, Balsthal-Mümliswil-Ramiswil und Oensingen-Holderbank (Abbildung 1, Anhang A: Karten Untersuchungsgebiete). Im Jahr 2016 wies das Untersuchungsgebiet während der Brutzeit des Wendehalses von Mai bis Juli eine Durchschnittstemperatur von 9 bis 18 °C, bei einem Jahresmittel von 8 - 10 °C und einer Regenmenge (Mai bis Juli) von 50 bis 300 mm (Jahresniederschlagssumme 1'500 bis 2'500 mm) auf (Meteo Schweiz, 2017).

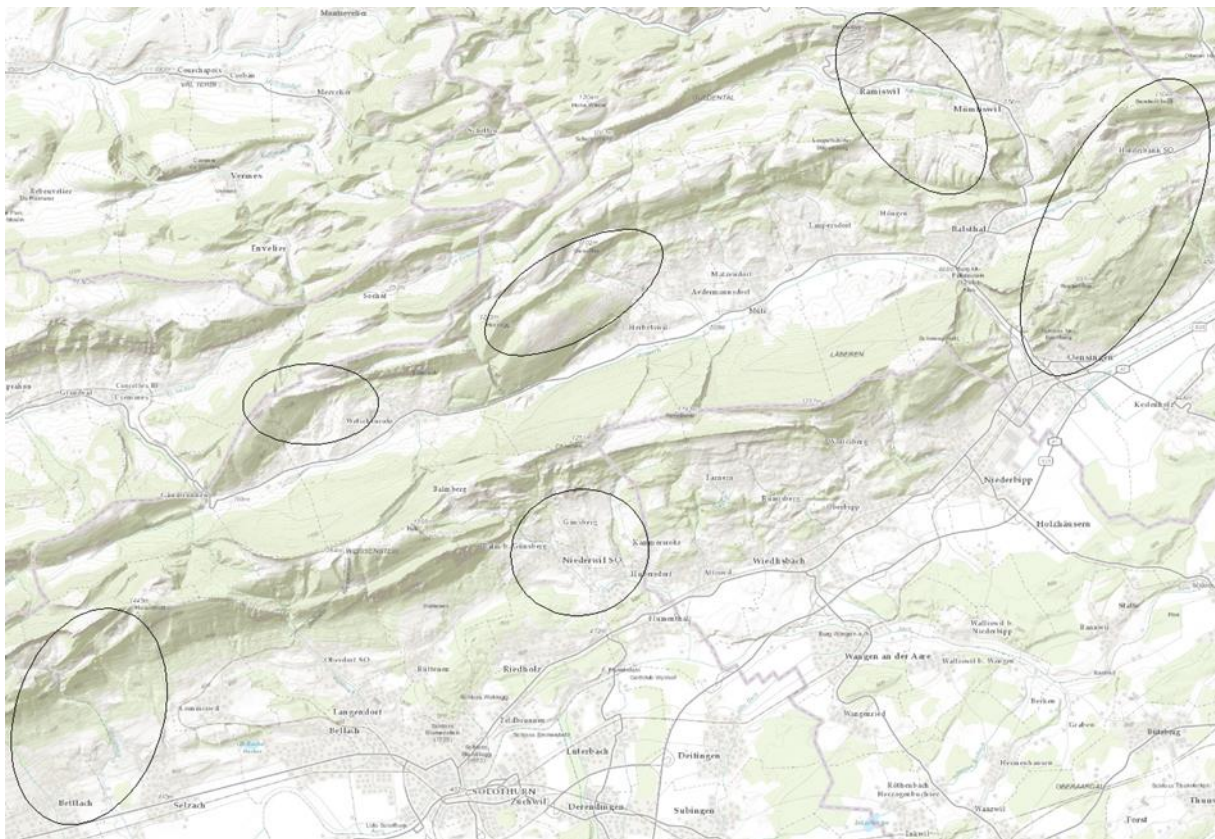


Abbildung 1: Die Kreisflächen zeigen die modifizierten Untersuchungsgebiete im Solothurner Jura (untere Bildmitte die Stadt Solothurn), basierend auf den potentiellen Fördergebieten der Vogelwarte Sempach. Hintergrundkarte: Geodaten © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community.

## 2.2 Stichprobenkonzept

Die Feldaufnahmen fanden in sechs angepassten Potentialgebieten statt, welche teilweise mehrere Gemeinden umfassen. Unter Potentialgebieten werden Areale verstanden, welche sich aufgrund von Vorabklärungen der Schweizerischen Vogelwarte prädestiniert zur Förderung des Wendehalses anbieten. In jedem Potentialgebiet untersuchte ich, eine extensive Weide (EXWE) und extensive Wiese (EXWI), sowie eine Trockenweide (TRWE) und -wiese (TRWI), die folglich genannten Grünlandtypen. Jeder untersuchte Grünlandtyp gehört einer Parzelle an. In jeder Parzelle erhob ich in vier objektiv gewählten Kreisflächen (Plots) und einem subjektiv ausgesuchten Transekt Daten zu den Grünlandameisen. Dabei wies ich unter anderem unterirdische und oberirdische Ameisennester nach, wobei vorwiegend die oberirdischen Ameisenhögel mit einem messbaren Volumen von Interesse waren. 40 Wiederholungsplots der EXWI und TRWI untersuchte ich zweimal (vergl. Kapitel 2.2.1). Neben den Ameisen untersuchte ich weiter vegetative Parameter und bestimmte den Lebensraumtyp nach Delarze, Gonseth und Galland (1999).

### 2.2.1 Stratifizierung, räumliche Anordnung und Stichprobenumfang

Als Basis der Stratifizierung dienten die Informationen der Agrardatenerhebung der extensiven Wiesen und extensiven Weiden, welcher vom Kanton Solothurn zur Verfügung gestellt wurde (Kanton Solothurn, 2017). Zudem nutzte ich das Trockenweiden und -wiesen-Inventar des Bundes (Geoportal des Bundes, 2017). Die Schweizerische Vogelwarte stellte eine Karte mit potentiellen Fördergebieten für den Wendehals bereit (Lanz, 2017).

Mit der Software ArcGIS 10.4.1 von ESRI wählte ich in sechs Untersuchungsgebieten die zu untersuchenden Grünlandtypen und teilte diese in eine Primär- (A) und eine sekundäre Ausweichfläche (B) pro Grünlandtyp ein. Die Kategorisierung in die Flächen (A) und (B) geschah nach dem Zufallsprinzip. Die Primär- und die Ausweichfläche sollten sich in der Qualität nicht unterscheiden. Bei der Selektion der Grünlandflächen berücksichtigte ich die Kantonsgrenze, sodass alle Objekte innerhalb des Kanton Solothurn lagen. Die anschliessende Selektion der Grünlandtypen unternahm ich innerhalb der modifizierten Untersuchungsgebiete (Abbildung 1). In einem weiteren Schritt richtete ich eine Pufferzone von 7 m innerhalb jeder Untersuchungsfläche (EXWE, EXWI, TRWE, TRWI) ein, um mögliche Randeffekte zu vermeiden. Dabei achtete ich darauf, dass die zu untersuchende Grünlandfläche das Minimum von 1'000 m<sup>2</sup> nicht unterschreitet. Anschliessend ordnete ich vier Punkte pro Grünlandtyp-Fläche zufällig an und versah sie mit den Landeskoordinaten (CH1903 / LV95) zur eindeutigen Identifikation (Abbildung 2). Diese Koordinaten bildeten bei der Felduntersuchung den Mittelpunkt der zu untersuchenden Kreis-Plots von 5 m<sup>2</sup> Fläche. Die 4 Plots liegen in den verschiedenen, zu untersuchenden Grünlandtypen zu gleicher Anzahl. Das entspricht total 96 Plots (exklusive Ausweichplots (Priorität B)).

Im Rahmen dieser Arbeit werden aus Ressourcengründen nicht alle 96 Plots zweimal untersucht. Darum wird eine zufällig gewählte Stichprobe von 40 Plots der beiden Wiesentypen (EXWI, TRWI) wiederholt untersucht und entsprechend in der Karte gekennzeichnet (Abbildung 2). Die zweimalige Untersuchung führte ich durch, um Aussagen bezüglich der zeitlichen Entwicklung des Nahrungsangebotes während der Jungenaufzucht des Wendehalses zu machen. Das finale Produkt bildete in Form von Karten (Abbildung 2) die Grundlage für das Felddossier, zusammen mit dem erstellten Feldaufnahmeprotokoll (Anhang A: Karten Untersuchungsgebiete, Anhang B: Feldprotokoll).

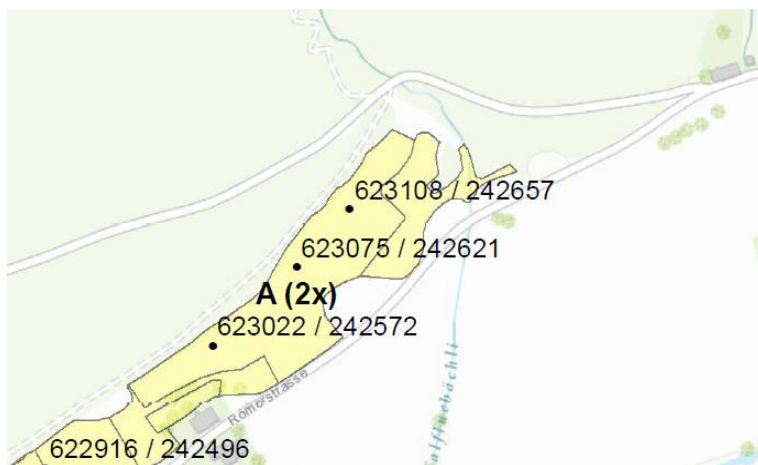


Abbildung 2: Ausschnitt einer Untersuchungsfläche in Holderbank. Diese Trockenwiese (Swisstopo, 2017) mit Priorität A wird zweimal untersucht (2x). Die Koordinatenangaben entsprechen den zufällig gewählten Mittelpunkten der zu untersuchenden Kreisplots. Hintergrundkarte: Geodaten © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community. (Komplette Karte Anhang A: Karten Untersuchungsgebiete)

Zusätzlich zu den Plots legte ich im Feld jeder Parzelle ein Transekt mit 20 m Länge und 5 m Breite nach subjektiver Wahl. Das Selektionsmuster erfolgte folgendermassen: Ich suchte in der zu untersuchenden Freifläche (Glutz von Blotzheim & Bauer, 1994; Mermod et al., 2009) nach möglichst lückiger Vegetation (Weisshaupt et al., 2011), wo ich gehäuft Ameisenhögel vermutete (Seifert, 2009). Ich versuchte mit dieser subjektiven Wahl der Fläche das Suchmuster eines nahrungssuchenden Wendehalses nachzuahmen.

### 2.2.2 Abgrenzung, Ausschlusskriterien und Verschiebungsregeln

Nach Ansätzen der Methode von Mermod et al. (2009) und eigener Überlegungen definierte ich folgende Abgrenzungskriterien: Die Fläche und Zeitvorgabe für die Sampleplots ( $2,5 \text{ min} \cdot \text{m}^{-2}$ ) und Transekte ( $10 \text{ min} \cdot 100 \text{ m}^{-2}$ ) sollen in jedem Fall eingehalten werden, wobei ausschliesslich die auf dem Feldprotokoll (Anhang B: Feldprotokoll) berücksichtigten Parameter erhoben werden. In den entsprechenden Grünlandtyp-Flächen werden ausschliesslich die erwarteten Grünlandtypen 4.1 - 4.6 (Delarze & Gonseth & Galland, 1999) untersucht. Neben den Abgrenzungskriterien definierte ich folgende Ausschlusskriterien für die Sampleplots:

- a. *Es wird nicht der erwartete Grünlandtyp aufgrund der Informationen vom Kanton oder Bund vorgefunden*

- b. Der selektierte Grünlandtyp bietet keinen Platz ( $< 1000 \text{ m}^2$ , nach Pufferung) für 4 Samples plus 2 Reserve-Samples und einem Transekt mit je 10 m Abstand*
- c. Exposition der Samplefläche liegt nicht in der Ausrichtung zwischen W-S-E*
- d. Die vorgegebene Form und Grösse der Stichprobenflächen kann nicht eingehalten werden*
- e. Versiegelte Fläche  $> 10 \%$  der Stichprobenfläche*
- f. Gehölz in Stichprobenfläche*
- g. Inhomogenität der Samplefläche*
- h. Feuchte Stellen, wie beispielsweise Oberflächenwasser  $> 10 \%$  der Stichprobenfläche*
- i. Ameisenhögel ausserhalb des Untersuchungsplots werden nicht berücksichtigt. Kommt ein Ameisenhögel auf den Rand des Untersuchungsplots zu liegen, wird er mitberücksichtigt.*

Ist die Grünlandtyp-Fläche (A) aus vorgängig genannten Kriterien nicht zu untersuchen, wird auf die Grünlandtyp-Fläche Priorität (B) ausgewichen. Kann innerhalb einer Grünlandtyp-Fläche die zufällig ausgewählte Samplefläche aufgrund der definierten Ausschlusskriterien nicht untersucht werden, wird innerhalb der Grünlandtyp-Fläche auf die Reserve-Samplefläche ausgewichen. Dabei gelten folgende Verschiebungskriterien: Die Verschiebung von nicht zu untersuchenden Samples zu Reserve-Samples erfolgt durch räumliche Verlagerung von 10 m nach Norden, unter Wahrung des Mindestabstandes zu anderen Sampleflächen von 10 m. Ist eine Verschiebung gegen Norden nicht möglich, findet eine Verschiebung um  $45^\circ$  im Uhrzeigersinn statt.

## 2.3 Datenerhebung

Vor den definitiven Feldaufnahmen im Untersuchungsgebiet, testete ich am 13. Mai 2017 die Aufnahmemethode und das benötigte Feldmaterial. Darauf habe ich noch kleine Anpassungen am Feldprotokoll (Anhang B: Feldprotokoll) vorgenommen. Die Feldarbeit soll zeitlich zwischen dem Beginn der Jungenaufzucht der Wendehäse Mitte Mai und dem erstmöglichen Schnitttermin der extensiven Wiese, respektive der Beweidung der extensiven Weiden, dem 15. Juni im Talgebiet (DZV, 2013) liegen. Die TWW-Flächen werden erst später bewirtschaftet. Die betroffenen Landwirte informierte ich jeweils über meine Arbeit.

Mit dem Felddossier, welches vorgefertigte Karten und Feldprotokolle umfasst, und dem GPS-Gerät (Garmin extra 20) suchte ich die Plots in den Grünlandtypen auf. Nach der Kontrolle der Ausschlusskriterien, steckte ich einen Bambusstock in den Boden, der die Mitte des Aufnahmeplots bildete. An diesem Stock sind mit einer Schnur zwei weitere Stöcke verbunden, mit denen ich einen Kreissektor aussteckte. Dies vereinfacht die Übersicht über die Untersuchungsfläche und erleichtert somit die Aufnahme. Die Schnüre der Verbindungsstöcke sind so bemessen, dass sie gerade jeweils den Radius der  $5 \text{ m}^2$  grossen Plot-Fläche bilden (Abbildung 3).





Abbildung 3: Ausgesteckter Plot in einer Trockenwiese in Bettlach (D. Henseler, 2017).

Während der Untersuchung der Plots achtete ich auf weitere Ameisenhögel, wählte in jedem untersuchten Grünlandtyp subjektiv eine Fläche mit augenscheinlich vielen Ameisenhögel aus und steckte den Transekt aus. Ich stoppte die Zeit von 10 min und markierte die gefundenen Högel mit einem Stock, während ich den Transekt systematisch in einer Schlangenlinie abschnitt. Anschliessend zählte ich die Högel und vermäss diese.

### 2.3.1 Parameter

Als erstes nahm ich die abiotischen Parameter auf, welche Ortschaft, Datum und Zeit, Koordinaten, Bodentemperatur und Geländeexposition, sowie Wetter umfassen. Die Temperatur der vegetationslosen Bodenstellen mass ich mit dem Infrarot-Thermometer VOLT CRAFT IR 260-8S. Aus drei wiederholten Messungen berechnete ich den Durchschnittswert. Die Geländeexposition erhob ich mit einem Kompass (Schweizer Armee). Die Bewölkung schätzte ich in Prozent ab. Die Geländeneigung und die Höhe über Meer erfasste ich am Computer beim Bundesamt für Landestopographie (Swisstopo, 2017) (Tabelle 1).

Anschliessend an die abiotischen Parameter mass ich die Vegetationsparameter und bestimmte dabei als erstes den Lebensraumtyp nach Delarze, Gonseth und Galland (1999) mit der Top-Down-Methode. Diese

Methode erlaubt eine quantitative Lebensraumansprache nach Ausschlusskriterien und dem Zuordnen von Charakter-, beziehungsweise Kennarten zu den entsprechenden Lebensraumtypen. Des Weiteren mass ich die durchschnittliche Vegetationshöhe mittels eines Doppelmeters und die Vegetationsdeckung anhand der Methode nach Braun Blanquet (2013). Dabei wird der Vegetationsdeckungsgrad anhand einer Schablone in Prozent geschätzt (Tabelle 1).

Darauf untersuchte ich die Ameisenparameter. Ich stoppte die Zeit von 12,5 min und suchte mit einer handelsüblichen Hand-Gartenhacke nach Ameisennestern (nach Mermod et al., 2009). Ein gefundenes Nest markierte ich während der Suche mit einem Stock um es nach der Suche auszumessen. Während dem anschliessenden Ausmessen, sofern es sich um einen Hügel handelte, notierte ich zudem die vorgefundenen Insektenstadien, wobei ich zwischen Larven / Puppen und Imagines (flugfähig und nicht flugfähig) unterschied (nach Mermod et al., 2009) (Tabelle 1).

Handelte es sich um einen Plot, welcher gemäss Methode zwei Mal untersucht wird, ersetzte ich den Mittelpunkt markierenden Bambusstock durch eine Haselrute, welche ich mit einer Drahthängeetikette versah, die mit den Koordinaten und dem Vermerk «ZHAW & Vogelwarte» beschriftet war. Diese Markierung diente in erster Linie dem vereinfachten Wiederfinden, sowie der Information für Drittpersonen. Die Wiederholungsuntersuchung soll nach eigener Definition nicht vor sieben Tagen nach der ersten Untersuchung stattfinden. Dabei soll das Muster der Reihenfolge und der Tageszeit der wiederholten Untersuchung geändert werden, um mögliche Strukturen in der Datenerhebung zu vermeiden.

Tabelle 1: Erläuterung zu den verwendeten Parametern der Feldaufnahme.

Daten-satz	Variable	Datenniveau	Definition
Abiotisch	Ortschaft	nominal	Name der untersuchten Ortschaft
	Datum und Zeit	nominal	Zeitpunkt der Untersuchung
	Grünlandtyp	nominal	Kategorie des Grünlandes
	Samplepriorität	dichotom	Vorrang des Untersuchungsplots
	Verschiebungskriterium	nominal	Beurteilungsmerkmal
	Plot-ID (Koordinaten)	nominal	Angabe der Lage des Plots im Grünland
	Bodentemperatur	metrisch	Gemessene Temperatur am Boden in °C
	Geländeexposition	metrisch	Ausrichtung des Geländes in Azimut

	Geländeneigung	metrisch	Neigungswinkel der Untersuchungsfläche in %
	Höhe über Meer	metrisch	Angabe der Höhenlage in m
	Wetter, Bewölkung	metrisch	Angabe zur Wolkendecke in %
Vegetation	Vegetationshöhe im Durchschnitt	metrisch	Gemessene durchschnittliche Vegetation in cm
	Deckungsgrad	metrisch	Geschätzte Deckung der Vegetation in %
	Lebensraumtyp	nominal	Kategorie des Lebensraums
Ameisen	Plot: Ameisen vorhanden	dichotom	Präsenz / Absenz von Ameisen im Plot
	Anzahl Nester (Plot)	Zählvariable	Detektierte Anzahl Ameisennester im Plot
	Relatives Hügelvolumen (Plot)	metrisch	Kubatur des Ameisenhügels im Transekt in cm <sup>3</sup>
	Ameisenstadien	nominal	Vorgefundene Ameisenstadien im Plot
	Transekt-ID (Koordinaten)	nominal	Angabe der Lage des Transekts im Grünland
	Ausrichtung (Transekt)	metrisch	Ausrichtung des Transekts in Azimut
	Anzahl Nester (Transekt)	Zählvariable	Detektierte Anzahl Ameisennester im Transekt
	Relatives Hügelvolumen (Transekt)	metrisch	Kubatur des Ameisenhügels im Transekt in cm <sup>3</sup>

## 2.4 Statistische Datenanalyse

Die Digitalisierung und Kontrolle der im Feld aufgenommenen Daten nahm ich mit der Software Excel (Version 1707 (Microsoft Office Professional Plus 2016)) vor. Um eine Verlinkung der drei Datensatzkategorien zu gewährleisten, benannte ich in je einer Spalte das Potentialgebiet und die Parzelle. Jeder Plot, Transekt und jedes Ameisennest erhielt zudem eine individuelle Identitätsnummer. Unbekannten Ausprägungen der Variablen teilte ich den Wert «NA», für «not available» zu. Mit Ausnahme der Variable «Verschiebungskriterium» war dies jedoch nur in seltenen Fällen nötig, wo die Ausprägung nicht sicher bestimmt werden konnte. Einfache Datenanalysen, welche den Informationsrahmen bilden, führte ich direkt in Excel aus. Komplexere Datenanalysen und Modellierungen führte ich im Statistikprogramm R aus (R Version 3.4.1 (2017-06-30)).

In den Resultaten konzentrierte ich mich vorwiegend auf die analysierten Zielgrössen der Anzahl Nester und des Nestvolumens in den Grünlandtypen und den Lebensraumtypen. Die Erreichbarkeit der Nahrung zeige ich anhand der Vegetationshöhe und der Vegetationsdeckung auf. Die Zielgrössen erlauben einen Vergleich der untersuchten Grünlandtypen und Lebensraumtypen untereinander. Ergänzend zur Plot-Methode sind im Kapitel 3 die Ergebnisse der Transekt-Methode aufgeführt. Die Ergebnisse der beiden angewandten Methoden stellte ich abschliessend einander gegenüber. Da im Methodenvergleich bezüglich der Hügelvolumina die unterirdischen Nester und die Negativnachweise aus methodischen Gründen unberücksichtigt blieben, zeigt sich Abbildung 17 (S. 27) entsprechend ausgedünnt. Verglichen werden die arithmetischen Mittel der in den jeweiligen Parzellen aufgenommenen Ameisenhögel nach den entsprechenden Methoden.

Für die Fragestellungen nach der Ameisenverfügbarkeit und der Ameisenerreichbarkeit erstellte ich in R eine Rohdatenvisualisierung mittels Boxplots. Dazu trug ich die Grünlandtypen, respektive Lebensraumtypen gegen die Zielgrössen Anzahl Nester und Nestvolumen auf. Im Fall der Vegetationsparameter trug ich die Grünlandtypen, respektive die Lebensraumtypen gegen die Vegetationsvariablen Vegetationshöhe und Vegetationsdeckungsgrad auf. Um die erste mit der zweiten Untersuchung der Wiederholungsplots in den EXWI und den TRWI zu vergleichen, wählte ich eine Visualisierungsform, die zwischen der ersten und der zweiten Untersuchung, sowie zwischen den Grünlandtypen unterscheidet und trug die Daten gegen die gefundene Anzahl Nester in den Plots auf. Den Methodenvergleich bildete ich für beide Zielgrössen (Anzahl Nester und Nestvolumen) ab und stellte die Methoden einander gegenüber.

Da die Zielgrösse «Anzahl Ameisennest» eine Zählvariable ist, wählte ich das Poisson-Modell für eine Modellierung dieser Zielgrösse (Korner-Nievergelt et al., 2015). In diesem Fall nahm ich also an, dass die Anzahl Ameisenhögel gemäss einer Poisson-Verteilung um den Erwartungswert variiert. Der Erwartungswert («fitted value») für die Anzahl Ameisennester berechnet sich aus den erklärenden Variablen und den geschätzten Koeffizienten des Modells. Die Poissonverteilung ist eine diskrete Verteilung zwischen 0 und unendlich (Korner-Nievergelt et al., 2015). Die Streuung der Poissonverteilung nimmt mit zunehmendem Erwartungswert zu. Die Zielgrössen Hügelvolumen hingegen sind kontinuierliche Werte und deswegen habe ich diese mit einem normalen linearen Modell untersucht (Korner-Nievergelt et al., 2015). Aufgrund der stark schiefen Verteilung wurden die Werte erst logarithmiert und dann mit den gleichen erklärenden Variablen wie bei der Anzahl Nester modelliert.

Als Prädiktoren verwendete ich einerseits Grünlandtyp (entspricht einer einfachen ANOVA), andererseits Vegetationsdichte und -höhe (entspricht einer multiplen Regression mit zwei Prädiktoren). Da ich bei der Vegetationsdichte ein Optimum erwartet habe (am meisten Nester bei einem mittleren Deckungsgrad), wurde auch der quadratische Effekt von Vegetationsdichte verwendet.



Die Modellannahmen überprüfte ich vorwiegend graphisch mittels Residuenplots (inklusive Zero-inflation; overdispersion wurde mit der Funktion `dispersion_glmer` des Packages `blmeeco` gemessen).

### 3 Resultate

Meine Feldaufnahmen fanden allesamt zwischen dem 16. Mai und 10. Juni während des Tages statt, wobei die früheste Aufnahme um 06:10 Uhr und die späteste um 19:30 Uhr durchgeführt wurde. Die untersuchten Plots liegen zwischen 502 und 1'212 m ü. M.. Die Felddaten erhob ich während trockener Witterung und fand dabei eine Spannweite der Wolkendecke von 0 - 100 %, bei einem arithmetischen Mittel von rund 40 % vor. Alle diese Parameter wirken sich auf die gemessenen Bodentemperaturen aus. Den tiefsten Wert von 5 °C mass ich um 07:10 Uhr auf 1'212 m ü. M und den oberen Extremwert von 46 °C um 13:00 Uhr auf 571 m ü. M. in einer kurzrasig und extensiv bewirtschafteten Weide. Das arithmetische Mittel aller Aufnahmen liegt bei 23 °C.

#### 3.1 Plot-Methode

Insgesamt untersuchte ich 108 Plots, wovon ich hier 96 (davon 40 Wiederholungsplots und zehn mit Priorität B) bei der Auswertung berücksichtigte und 12 Ausweichplots ignorierte. Bei den 96 Plots handelt es sich nach Delarze, Gonseth und Galland (1999) um 53,1 % Subatlantischen Halbtrockenrasen (Mesobromion, 4.2.4), bei 37,6 % um Fromentalwiesen (Arrhenatherion, 4.5.1) und 7,4 % um Kammgrasweiden (Cynosurion, 4.5.3). Zwei Plots (1,9 %) der extensiven Wiese konnte ich keinem eindeutigen Lebensraumtyp zuordnen. In den vier zu gleicher Anzahl (n = 24 Plots) untersuchten Grünlandtypen (EXWE, EXWI, TRWE, TRWI) verteilten sich die vorgefundenen Lebensraumtypen unterschiedlich (Tabelle 2).

Tabelle 2: Anteil der bestimmten Lebensraumtypen in den Grünlandtypen. Die vier Grünlandtypen wurden zu gleichen Teilen (n = 24 Plots) untersucht.

Grünlandtyp	Lebensraumtyp [%]			
n = 24 Plots	Mesobromion	Arrhenatherion	Cynosurion	unbestimmt
EXWE	4,2	66,6	29,2	0
EXWI	8,3	83,3	0	8,4
TRWE	100	0	0	0
TRWI	100	0	0	0

In den 96 Plots der ersten Untersuchung konnte ich 117 Ameisennester auffinden, wovon 95 in Form eines Hügels vorlagen und somit ein messbares Volumen aufwiesen. Der andere Teil der Nester war unterirdisch (Anhang D: Rohdaten).

### 3.1.1 Ameisenverfügbarkeit

Die Grünlandtypen unterscheiden sich bezüglich ihrer geschätzten Anzahl Nester (ANOVA:  $F_{3,92} = 3,25$ ;  $p = 0,03$ ; 96 Plots der 1. Untersuchung). In den EXWI fand ich am meisten Nester ( $0,4 \text{ Nester} \cdot \text{m}^{-2}$ ), gefolgt von der TRWE ( $0,3 \text{ Nester} \cdot \text{m}^{-2}$ ), EXWE ( $0,2 \text{ Nester} \cdot \text{m}^{-2}$ ) und am wenigsten in der TRWI ( $0,14 \text{ Nester} \cdot \text{m}^{-2}$ ). Die Erwartungswerte der EXWE und TRWI liegen zwischen 0,5 und 1 Nest pro Plot, wobei sich die Fehlerbalken (2 Standard-Fehler) beinahe vollständig überlappen (Abbildung 4). In der TRWE wird etwas mehr als ein Nest pro Plot erwartet. TRWE haben damit tendenziell eine höhere Anzahl Nester als EXWE und TRWI, der Unterschied scheint aber nicht klar gesichert. Hingegen liegt der Schätzwert bei der EXWI bei zwei Nestern pro Plot und ist klar höher als bei den anderen drei Grünlandtypen, insbesondere höher als bei EXWE und TRWI (Anhang D: Rohdaten, Anhang E: R Skript).

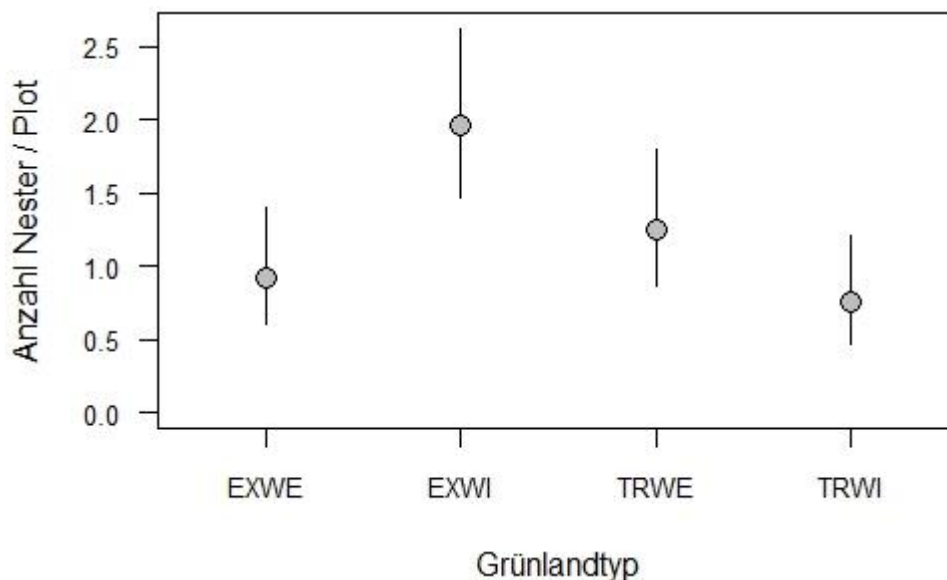


Abbildung 4: Erwartete Anzahl Nester / Plot in den vier Grünlandtypen mit Fehlerbalken, die zweimal der Standard-Fehler (95 % Konfidenzintervall) entsprechen. Extensive Weide (EXWE,  $n = 22$ , 13 Negativnachweise), extensive Wiese (EXWI,  $n = 47$ , 6 Negativnachweise), Trockenweide (TRWE,  $n = 30$ , 8 Negativnachweise) und Trockenwiese (TRWI,  $n = 18$ , 12 Negativnachweise).

Bezüglich der Volumina streuen 50 % der Daten bei der EXWE weiter um den Median als bei der EXWI, gleiches gilt für die TRWE und TRWI. Die Volumina der Hügel in der Box in den TRWE ist mit einer Spannweite von rund 300 - 22'000 cm<sup>3</sup>, bei einem Median von etwa 2'300 cm<sup>3</sup>, höher als jene in der Box in den EXWE mit einer Spannweite von rund 50 - 1'300 cm<sup>3</sup>. Die Daten der TRWE streuen weit und erreichen die höchsten Werte. Die Volumina der Ameisenhögel der TRWI liegen tiefer als jene der TRWE. Bei der TRWI und EXWI gibt es bezüglich der Hügelvolumina eine Überschneidung, wobei die Daten der TRWI innerhalb der Spannweite der EXWI liegen (1 - 3'000 cm<sup>3</sup>), mit Ausnahme der Ausreisser. Der Median der TRWI (rund 100 cm<sup>3</sup>) kommt in den unteren Whisker der EXWI zu liegen (Abbildung 5) (Anhang D: Rohdaten, Anhang E: R Skript).

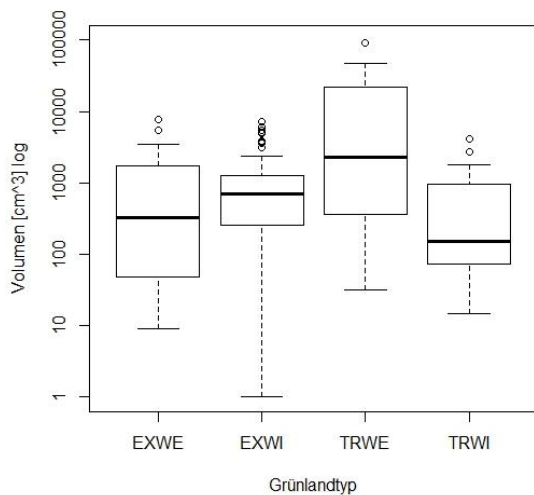


Abbildung 5: Rohdatenvisualisierung der Volumina der Ameisenhögel (n) pro Plot mit Wiederholungsuntersuchung in den vier Grünlandtypen extensive Weide (EXWE, n = 16), extensive Wiese (EXWI, n = 85), Trockenweide (TRWE, n = 25) und Trockenwiese (TRWI, n = 30). Zu beachten ist die logarithmierte y- Achse (Berechnung der Boxplot-Kennzahlen auf den untransformierten Werten).

Die Zielgrößen der Anzahl Nester und den Hügelvolumen werden im folgenden Abschnitt unabhängig vom Grünlandtyp in Bezug zum Lebensraumtyp gegenübergestellt. Das Cynosurion (4.5.3) stellt lediglich sieben Plots zur Auswertung, darin fand ich je ein unterirdisches Nest und ein Ameisenhögel. Aufgrund des geringen Datenumfangs lässt sich dieser Lebensraumtyp kaum mit dem des Mesobromion (4.2.4) und des Arrhenatherion (4.5.1) vergleichen. Letztere umfassen eine grössere Datenmenge von 63 Ameisen-nester (4.2.4), respektive 88 (4.5.1). Dabei flossen die Daten von der ersten und der zweiten Untersuchung in die Auswertung mit ein, um eine aussagekräftigere statistische Auswertung zu generieren. Die Anzahl Nester war beim Mesobromion (4.2.4) und beim Arrhenatherion (4.5.1) ähnlich, möglicherweise mit einer leichten Tendenz für eine etwas grössere Anzahl Nester im Arrhenatherion (4.5.1). Den Ausreisser von acht Nestern pro Plot fand ich in einer extensiv bewirtschafteten Wiese in der Bettlacher Allmend (Abbildung 6) (Anhang D: Rohdaten, Anhang E: R Skript).

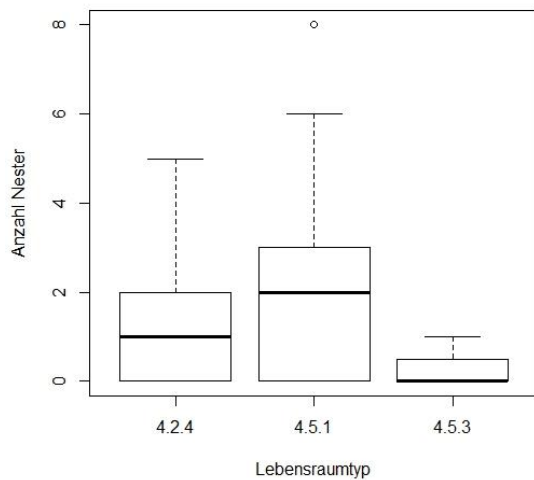


Abbildung 6: Rohdatenvisualisierung der Anzahl Ameisennester in den vorgefundenen Lebensraumtypen pro Plot (Negativnachweise sind mitberücksichtigt), der ersten und der zweiten Untersuchung. Mesobromion (4.2.4, n = 73, 26 negativ), Arrhenatherion (4.5.1, n = 52, 16 negativ) und Cynosurion (4.5.3, n = 7, 5 negativ).

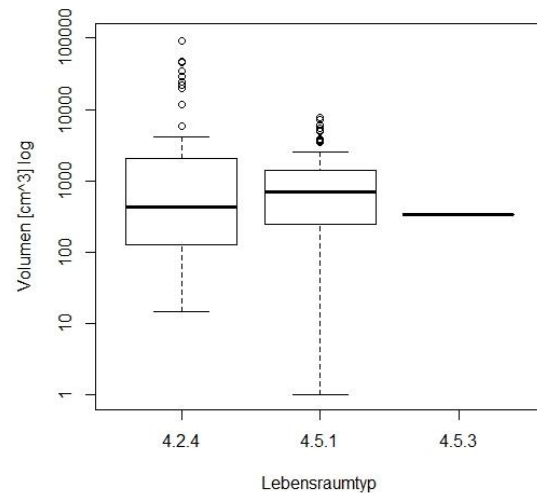


Abbildung 7: Rohdatenvisualisierung der Volumina der Ameisenhügel in den vorgefundenen Lebensraumtypen Mesobromion (4.2.4, n = 63), Arrhenatherion (4.5.1, n = 87) und Cynosurion (4.5.3, n = 1) pro Plot. Die Visualisierung umfasst die in den untersuchten Plots vorgefundenen Lebensräume mit den entsprechenden Volumina der Ameisenhügel der ersten und der zweiten Untersuchung. Zu beachten ist die logarithmierte y-Achse (Berechnung der Boxplot-Kennzahlen auf den untransformierten Werten).

Bei den Volumen der Hügel zeigen die Mediane keinen wesentlichen Unterschied und kommen auf eine Höhe von etwa  $300 \text{ cm}^3$  zu liegen (Abbildung 7). Dabei weisen die 50 % der Daten in der Box im Mesobromion und im Arrhenatherion eine starke Ähnlichkeit auf mit einer Spannweite von rund 150 bis  $2'000 \text{ cm}^3$ . Mehrere Ausreisser im Mesobromion liegen deutlich höher als jene im Arrhenatherion und erreichen einen Maximalwert von  $93'000 \text{ cm}^3$ , wohingegen der höchste Ausreisser des Arrhenatherion  $7'820 \text{ cm}^3$  erreicht (Abbildung 7) (Anhang E: Rohdaten, Anhang F: R Skript). Dieser oberste Ausreisser im Mesobromion stammt aus einer Trockenweide. Im Feld zeigten sich die grossen vorgefundenen Ameisenhügel im Mesobromion allesamt als mit Thymian (*Thymus ssp.*) überwachsene Erdhügel.

### 3.1.2 Wiederholungsuntersuchung

In den 40 Plots mit Wiederholungsaufnahmen, aufgeteilt auf je fünf Parzellen der extensiven Wiese und Trockenwiese, fand ich bei der ersten Untersuchung 59 Ameisennester (Abbildung 8). 48 davon entfallen auf Ameisenhügel, welche ein Gesamtvolumen von  $125'442 \text{ cm}^3$  ausmachen und die anderen elf waren unterirdisch gebaut. Bei der wiederholten Beobachtung fand ich 74 Nester (61 Ameisenhügel und 13 un-

terirdische Nester), also 15 Nester (25,4 %) mehr, als in der ersten Untersuchung. Das aufsummierte Volumen aller Hügel der Wiederholungsuntersuchung beläuft sich auf 148'238 cm<sup>3</sup>. Die Zeitspanne zwischen der ersten und der zweiten Untersuchung beliefen sich auf 13 bis 19, ausnahmsweise sieben Tage.

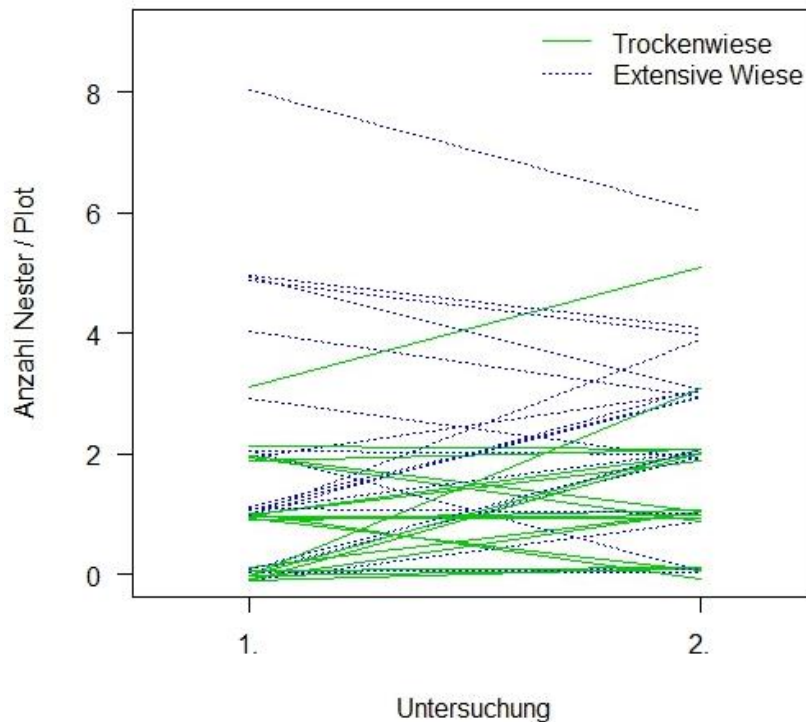


Abbildung 8: Vergleich der Anzahl Ameisennester der Plots (n) mit Wiederholungsuntersuchungen in der extensiven Wiese (n = 20) und der Trockenwiese (n = 20). Es wird pro Plot und Aufnahme die Anzahl Nester aufgeführt und miteinander verbunden.

Die EXWI weist in beiden Aufnahmen eine höhere Anzahl Nester auf. In den Plots der EXWI mit einer hohen Nestanzahl ist von der ersten zur zweiten Untersuchung ein leichter Negativtrend zu verzeichnen, wobei unter Berücksichtigung aller Plots eine Zunahme stattfand (Zunahme (n = 9), Abnahme (n = 7), unverändert (n = 4)). In einem Plot der EXWI ist eine Entwicklung von einem zu vier Nester festzustellen. In der Trockenwiese ist ein einzelner hoher Wert festzustellen. Weiter zeigt sich in den TRWI ein heterogenes Bild, wobei ich bei 8 Plots keine Veränderung feststellen konnte. Neben Zunahmen (n = 8) der Nester in den Plots gab es zwischen den beiden Untersuchungen ebenso Abnahmen (n = 4). Auffallend ist dabei ein Plot der TRWI, bei welchem ich während der ersten Untersuchung kein Nest und während der Wiederholungsuntersuchung drei Nester gefunden habe und ein weiterer Plot, bei welchem die Anzahl Nester von drei auf fünf zunahm (Anhang D: Rohdaten, Anhang E: R Skript).

### 3.1.3 Ameisenerreichbarkeit

Die Erreichbarkeit der Nahrung betrachte ich anhand der Vegetation (Deckungsgrad und Höhe). Dabei nehme ich an, dass der Zugang bei niederem Deckungsgrad und niederer Vegetationshöhe am besten gewährleistet ist. Tendenziell scheint das Mesobromion den grössten Anteil an vegetationsfreiem Boden aufzuweisen, mit einem Median von 80 % Vegetationsdeckung pro Plot. Dabei liegen 50 % der Messungen zwischen 75 und 90 %. Die Daten im Arrhenatherion hingegen sind homogener und die Deckung der Vegetation dichter. Im Arrhenatherion mass ich auch Deckungsgrade bis zu 100 %. Die tiefsten Deckungsgrade mass ich in Weiden und in anthropogen veränderten Flächen. Das im Vergleich selten angetroffene Cynosurion weist einen sehr hohen Deckungsgrad der Vegetation auf (Abbildung 9) (Anhang D: Rohdaten, Anhang E: R Skript).

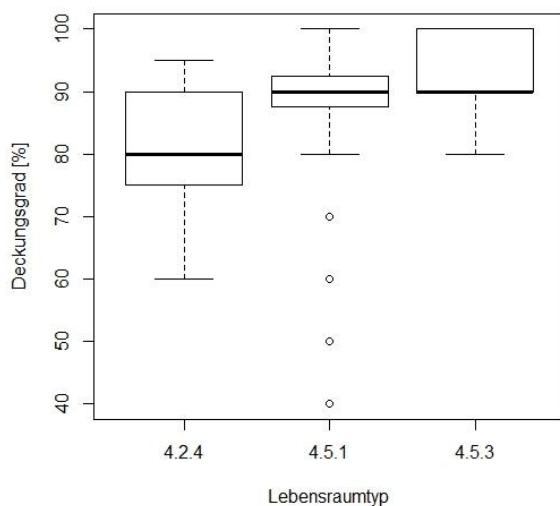


Abbildung 9: Rohdatenvisualisierung Vegetationsdeckungsgrad pro Plot aus der ersten Untersuchung in den vorgefundenen Lebensraumtypen Mesobromion (4.2.4, n = 51), Arrhenatherion (4.5.1, n = 36) und Cynosurion (4.5.3, n = 7).

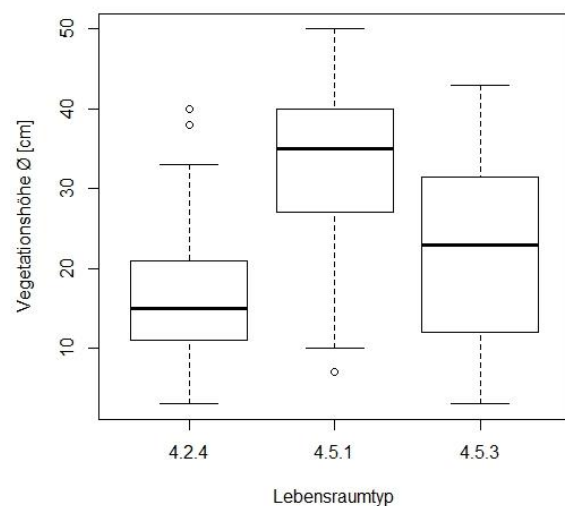


Abbildung 10: Rohdatenvisualisierung der durchschnittlichen Vegetationshöhe pro Plot aus der ersten Untersuchung in den vorgefundenen Lebensraumtypen Mesobromion (4.2.4, n = 51), Arrhenatherion (4.5.1, n = 36) und Cynosurion (4.5.3, n = 7).

Neben dem geringsten Deckungsgrad mass ich im Mesobromion auch die niedrigsten Werte der durchschnittlichen Vegetationshöhe. 50 % der Messwerte liegen zwischen circa 10 und 20 cm. Die beiden abgebildeten Ausreisser mass ich in einer TRWE in Passwang und einer TRWI in Bettlach. Im Arrhenatherion reicht die Spannweite der Daten deutlich weiter als im Mesobromion, wobei mehr als 50 % der Daten zwischen 25 und 40 cm liegen. Aus dem Arrhenatherion liegen die höchsten Messwerte der Vegetationshöhe vor. Auch im Cynosurion mass ich eine grosse Durchschnitts-Vegetationshöhevariabilität mit einer Spannweite von 3 bis 43 cm. Die Daten des Cynosurions stammen allesamt aus EXWE (Abbildung 10) (Anhang D: Rohdaten, Anhang E: R Skript).

Die modellierte erwartete Anzahl Nester verändert sich mit dem Deckungsgrad und der Höhe der Vegetation (Abbildung 11). Es werden weniger Nester bei einem sehr geringen Deckungsgrad erwartet und es findet mit einer Zunahme der Deckung auch ein Anstieg an Nestern statt. Der höchste erwartete Mittelwert pro Plot wird bei einem Deckungsgrad zwischen 70 % - 80 % erreicht. Nimmt die Deckung der Vegetation weiter zu, werden weniger Nester erwartet. Die Spannweite des Vertrauensintervalls ist bei niedrigerem Deckungsgrad gross, aufgrund der niederen Datendichte, die aus diesem Bereich vorliegt. Bezüglich der Vegetationshöhe wählte ich zum Vergleich für die Grafik drei ähnlich oft angetroffene mittlere Vegetationshöhen (detailliertere Modelle bezüglich den Vegetationshöhen finden sich im Anhang C: Ergänzende Diagramme). Mit zunehmender Vegetationshöhe nimmt auch die erwartete Anzahl der Ameisenester zu (Abbildung 11) (Anhang C: Ergänzende Diagramme, Anhang D: Rohdaten, Anhang E: R Skript).

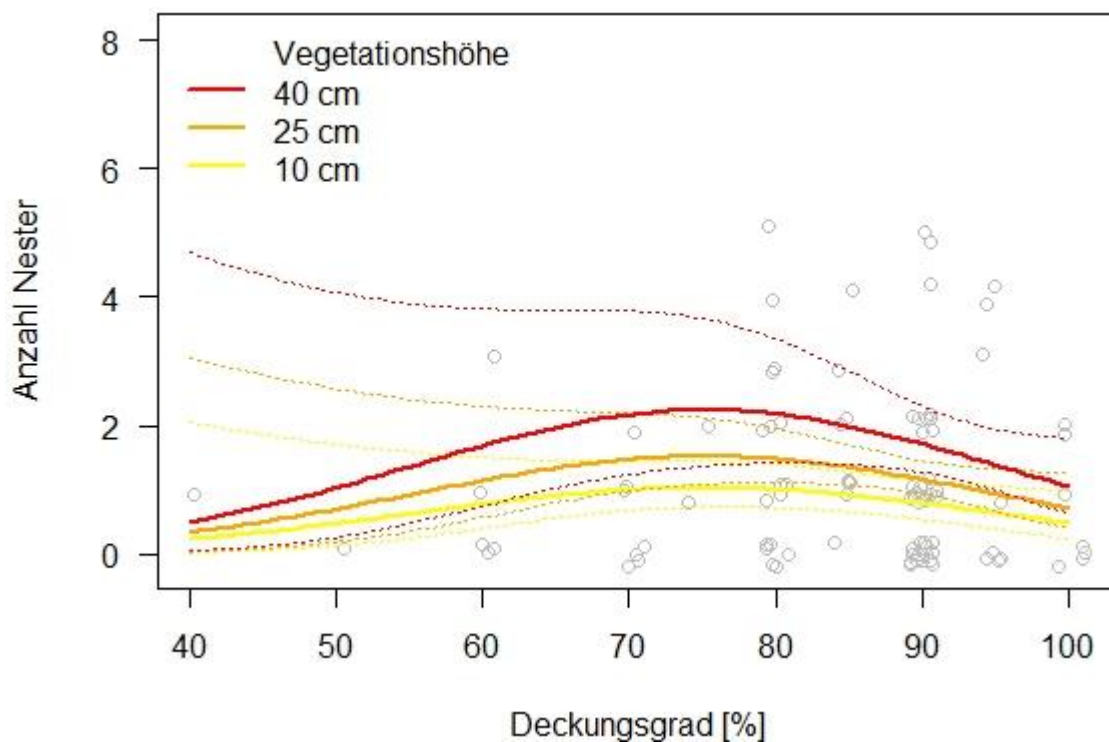


Abbildung 11: Nester pro Plot ( $n = 96$ ) in Abhängigkeit von Deckungsgrad und Vegetationshöhe. Ergänzend zum erwarteten Mittelwert der drei Vegetationshöhen mit dem Vertrauensintervall (gepunktete Linien) sind die Rohdaten der Deckungsgradmessungen in Grau dargestellt.



Das modellierte erwartete Mittel der Hügelvolumina nimmt im Modell mit zunehmendem Deckungsgrad ab (Abbildung 12). Ein quadratischer Einfluss, also ein Optimum des Deckungsgrades bezüglich des mittleren Nestvolumens, war nicht erkennbar. Dasselbe Bild zeigt sich bezüglich der Vegetationshöhe (Abbildung 13). Die Vegetationsvariablen kombiniert zeigen, dass bei einer lückigen und niedrigeren Vegetation grössere Ameisenhögel zu erwarten sind, als bei dichter und höher wachsender Vegetation (Anhang D: Rohdaten, Anhang E: R Skript).

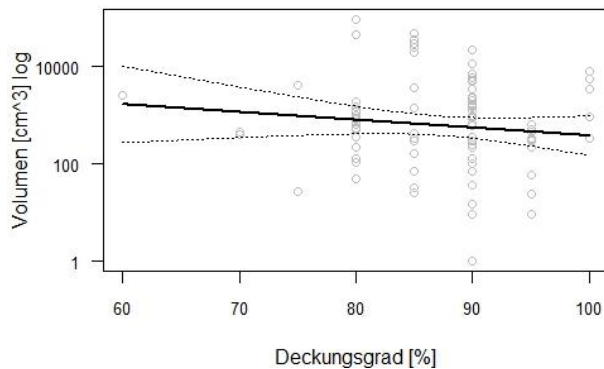


Abbildung 12: Das Modell stellt die erwarteten Nestvolumina ( $n = 95$ ) pro Plot dem Deckungsgrad (Rohdaten in Grau) gegenüber.

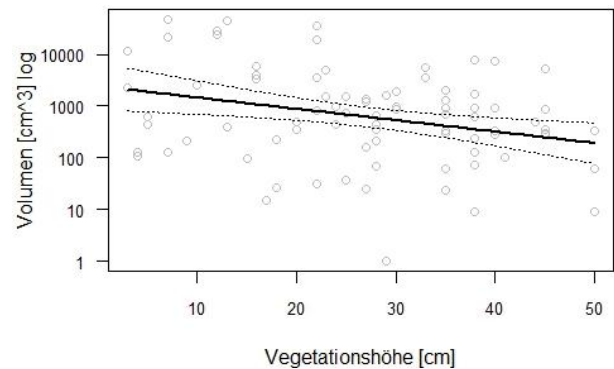


Abbildung 13: Das Modell stellt die erwarteten Nestvolumina ( $n = 95$ ) pro Plot der durchschnittlichen Vegetationshöhe (Rohdaten in Grau) gegenüber.

### 3.2 Transekt-Methode

Mit der Transekt-Methode fand ich nur Ameisenhügel und keine unterirdischen Nester. Die grösste Anzahl Hügel fand ich in den EXWE mit einem Median von acht Hügeln (Abbildung 14). Der Transekt mit den meisten Hügeln kam entlang eines Holzzauns zu liegen, welcher die Weide von einer Wiese abtrennte. In den Transekten der EXWI liegt der Median bei fünf, bei einem fand ich keinen Ameisenhügel. In den TRWE konnte ich am zweitmeisten Hügel finden, wobei ich in jedem Transekt mindestens zwei feststellte. In den TRWI konnte ich nur in zwei von sechs Transekten Ameisenhügel, maximal zwei Hügel, nachweisen. Die Anzahl gefundener Ameisenhügel ist somit in den TRWI am tiefsten.

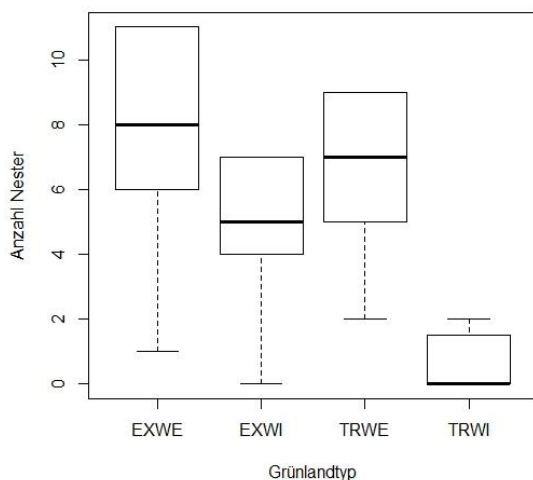


Abbildung 14: Rohdatenvisualisierung der vorgefundenen Anzahl Ameisenhügel pro Transekt (Negativnachweise sind mitberücksichtigt) in den vier Grünlandtypen extensive Weide (EXWE, n = 6), extensive Wiese (EXWI, n = 6), Trockenweide (TRWE, n = 6) und Trockenwiese (TRWI, n = 6).

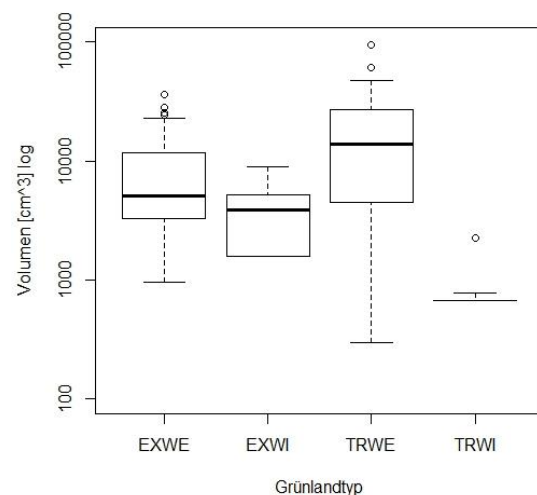


Abbildung 15: Rohdatenvisualisierung der gemessenen Volumina der Ameisenhügel pro Transekt in den vier Grünlandtypen extensive Weide (EXWE, n = 6), extensive Wiese (EXWI, n = 6), Trockenweide (TRWE, n = 6) und Trockenwiese (TRWI, n = 6).

Bezüglich der Hügelvolumina stellt die EXWE nicht mehr die höchsten Werte. Die Werte in der Box streuen relativ eng um den Median, welcher circa auf gleicher Höhe mit dem dritten Quartil der EXWI (nahe 5'000 cm<sup>3</sup>) liegt. Der tiefste Wert liegt bei rund 1'000 cm<sup>3</sup>. Der Median der EXWI liegt bei rund 4'000 cm<sup>3</sup> und findet sich so knapp zwischen dem ersten Quartil der EXWE und der TRWE ein. Der Median der TRWE kommt etwa auf knapp 14'000 cm<sup>3</sup> zu liegen, was dem dritten Quartil der EXWE entspricht. Die Ausreisser bilden Ameisenhügel innerhalb eines Transekts, welchen ich an einem Wanderweg innerhalb der Weide untersuchte. Die Ameisenhügel waren allesamt mit Thymian (*Thymus ssp.*) überwachsene Erdhügel. Die TRWI umfasst neben der niedersten Anzahl Ameisenhügel auch jene mit den kleinsten Volumina. Einer von drei Hügeln weist ein Volumen auf, welches grösser als 1'000 cm<sup>3</sup> ist (Abbildung 15) (Anhang D: Rohdaten, Anhang E: R Skript).

### 3.3 Vergleich der Erhebungsmethoden (Plot vs. Transekt)

Mit der Transekt-Methode konnte ich 85 Hügel und mit der Plot-Methode 117 Nester identifizieren. In der Gegenüberstellung der Methode berücksichtigte ich die unterirdischen Nester ( $n = 22$ ) aus den Plots mit, da ich sie unter den Rahmenbedingungen der Methode nachwies. Unter den nestarmen Parzellen ( $< 3$  mit Transekt-Methode, respektive  $< 5$  mit Plot-Methode) lassen sich drei TRWI, zwei TRWE und je eine EXWI und EXWE finden (Abbildung 16 und Abbildung 17) (Anhang D: Rohdaten, Anhang E: R Skript).

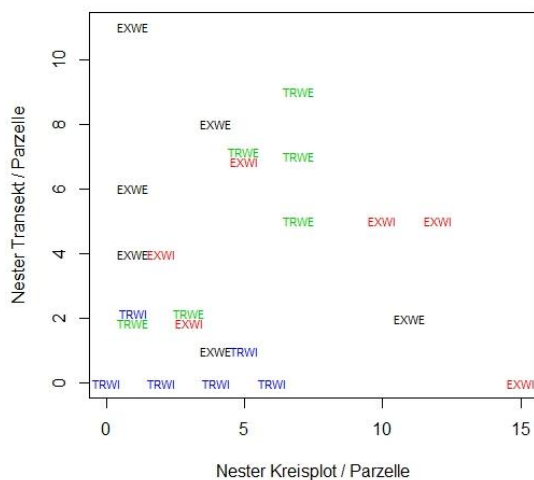


Abbildung 16: Die Transekt-Methode wird gegen die Kreisplot-Methode aufgetragen. Die Abbildung zeigt die Anzahl Ameisenhöfe im Transekt ( $n = 24$ ) und die aufsummierte Anzahl Ameisennester/Parzelle (inkl. unterirdische Nester) der vier Kreisplots ( $n = 96$ ) ohne zweite Untersuchung.

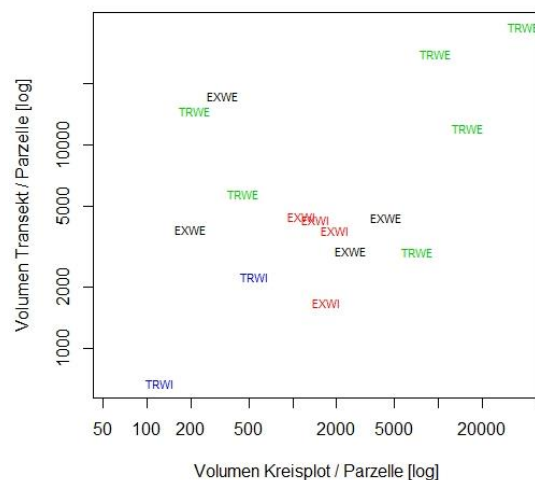


Abbildung 17: Die Transekt-Methode wird gegen die Kreisplot-Methode aufgetragen. Die Abbildung zeigt das arithmetische Mittel der Volumina der Ameisenhöfe im Transekt ( $n = 16$ ) und das arithmetische Mittel der Volumina der Ameisenhöfe der vier Kreisplots ( $n = 49$ ) derselben Parzelle ohne zweite Untersuchung und unterirdischen Nester.

## 4 Diskussion

### 4.1 Ameisenpräsenz im Grünland

Vergleicht man die entdeckte Anzahl Ameisennester aus den vier Grünlandtypen miteinander, lässt sich kein klares Muster erkennen. Coudrain, Arlettaz und Schaub (2010) fanden bei vergleichbaren Grünlandtypen und Vegetationsdeckung ähnliche Werte (rund  $0,5 \text{ Nester} \cdot \text{m}^{-2}$ ) in von Wendehals unbesetzten Gebieten. Verglichen mit besetzten Gebieten war die Dichte der Ameisennester etwa um  $0,1 - 0,2 \text{ Nester} \cdot \text{m}^{-2}$  höher. In den Untersuchungen im Wallis fanden Weisshaupt et al. (2011) in vergleichbarem Grünlandtyp  $0,35 \text{ Nester} \cdot \text{m}^{-2}$  und Mermoud et al. (2009)  $0,4 \text{ Nester} \cdot \text{m}^{-2}$ . Bezüglich der Volumina der Ameisenhögel lassen sich keine grossen Differenzen ausmachen, wobei es bei allen von mir untersuchten Grünlandtypen Überschneidungen gibt. Gemäss Hölldobler und Wilson (2013) werden die Högel aus klimaregulatorischen Gründen erbaut. Ist der Boden durch hohe Vegetation stark beschattet, versuchen Ameisen dieses Wärmedefizit mit der Sonnenkollektorfunktion eines ausreichend hohen Hügels auszugleichen (Seifert, 1996). Davon ausgehend hätte ich die grössten Ameisenhögel in dichter und hochgewachsener Vegetation finden sollen, die grössten Högel lagen jedoch in den Trockenweiden, welche die niederste Vegetationshöhe und -dichte aufwiesen. Ein wichtiger Faktor könnte das Mikroklima oder Mikrohabitat sein, oder dass eine Ameisenart dort optimale Lebensbedingungen vorfindet. Jahres- und Regionaleffekte sind ebenfalls nicht auszuschliessen.

Vergleicht man die vorgefundenen Lebensraumtypen in Bezug auf ihre Ameisenverfügbarkeit, fällt auf, dass ich im Arrhenatherion mehr Ameisennester pro Plot fand als im Mesobromion. In der Gegenüberstellung der Volumina der gefundenen Ameisenhögel lassen sich keine markanten Unterschiede erkennen, ausser dass die Grösse der Högel im Mesobromion stärker variiert. Gemäss Dauber (2009) und Seifert (2009) bevorzugen die meisten mitteleuropäischen Ameisen entsprechend ihrer Xerothermophilie trockene und wärmebegünstigte Lebensräume, wie sie das Mesobromion bietet. Seifert (2009) erwähnt sogar explizit, dass Magerrasen und Trockenrasen am ameisenreichsten sind. Das Mesobromion verfügt über eine reichere Pflanzenvielfalt gegenüber dem Arrhenatherion (Delarze & Gonseth & Galland, 1999), was ein breiter gefächertes Nahrungsangebot für die Ameisen bieten kann (Seifert, 2009). Auch anhand der Vegetationsvariablen (Vegetationshöhe und Vegetationsdeckung) sollte das Mesobromion bevorzugt werden (vergl. Kapitel 4.2). Die Ausprägung dieser Variablen begünstigt die Ameisen im Mesobromion weiter, da sie einen geringeren Raumwiderstand bedeutet (Seifert, 2009). Zusätzlich vereinfacht diese Vegetation das Auffinden von Ameisennestern im Feld, sodass die Entdeckungswahrscheinlichkeit im Mesobromion hoch sein sollte. Die Ameisen halten sich bei hohen Temperaturen tiefer im Boden auf (Freitag,

1998), was beim sich schnell erwärmenden Mesobromion der Fall sein kann, und die Hügel dort entsprechend kleiner sein sollten (Hölldobler & Wilson, 2013). Coudrain, Arlettaz und Schaub (2010), welche in ihrer Arbeit Ameisen in der Westschweiz untersuchten, konnten jedoch zeigen, dass die Ameisendichte mit zunehmend vegetationsfreiem Boden abnimmt. Gleiches hat sich auch in meinen Untersuchungen gezeigt.

Die wiederholten Aufnahmen der 40 Plots in den Grünlandtypen extensive Wiese und Trockenwiese zeigt eine starke Dynamik der Ameisenaktivität. Die Entwicklung im Zeitintervall ist überraschend. Unter Berücksichtigung aller Wiederholungsplots fand ich in der zweiten Untersuchung 15 Nester mehr (+ 25,4 %), als in der ersten Untersuchung. Die Anzahl der detektierten Ameisenhögel stieg von 48 auf 61 (+ 27,1 %) und die Anzahl der unterirdischen Nester von 11 auf 13 Nester (+ 18,2 %). Neben der Anzahl Nester verzeichnet auch das aufsummierte Högelvolumen eine Zunahme um 18,2 % ( $22'776 \text{ cm}^3$ ). Neben einer natürlichen Entwicklung durch das Wachstum / die Expansion der Völker und der entsprechende Platzanspruch, sowie Veränderung der Temperatur und Vegetation im Zeitverlauf, könnte die Untersuchung selbst Einfluss auf die Veränderung gehabt haben. Durch die Untersuchung der Plots beeinträchtigte ich die Vegetation (abhängig von Vegetationshöhe und Vegetationsdeckung) zum Teil erheblich. Das geknickte oder liegende Gras, so die persönliche Vermutung, verändert das lokale Mikroklima durch die andersartige Besonnung und reduziert den Schutz des Nestes durch Prädation. Weiter ist die Störung der Völker durch das Beschädigen der Nester zu erwähnen. Aus all diesen Gründen hätte ich in diesem Zeitintervall keinen so starken Zuwachs der Ameisenbiomasse erwartet. Dies kann möglicherweise auf eine gewisse Störungsresistenz der vorgefundenen Grünlandameisen, oder durch die Untersuchung für die Ameisen positiv beeinträchtigte Vegetation zurückzuführen sein (Seifert, 2009). Dagegen spricht jedoch, dass in den Plots der extensiven Wiese die Anzahl vieler Nester pro Plot rückläufig, aber immer noch hoch war.

## 4.2 Vegetationsbedingte Erreichbarkeit der Nahrung

In den untersuchten Flächen im Kanton Solothurn ist die Erreichbarkeit von Ameisen, für einen nahrungssuchenden Wendehals, wie erwartet, im Mesobromion am geeignetsten. Aufgrund des geringeren Deckungsgrades der Vegetation kombiniert mit der niedrigsten Vegetationshöhe findet der Wendehals dort seine bevorzugten Nahrungssuchhabitats (Weisshaupt et al., 2011). Jedoch schätzte ich nach der Methode von Braun Blanquet (2013) im untersuchten Grünland einen hohen Deckungsgrad (Median > 80 %). Dabei wird jedoch ein vegetationsfreier Boden von 40 - 80 % vom Wendehals bevorzugt (Weisshaupt et al., 2011), was vergleichsweise einer Vegetationsdeckung von 20 bis 60 % entspricht. Im Rahmen meiner

Untersuchungen fand ich die grösste Dichte an Ameisennestern bei einem Vegetationsdeckungsgrad zwischen 70 - 80 % (es ist zu beachten, dass ich nur wenige tiefere Werte verzeichnen konnte und einen Vergleich diesbezüglich nicht möglich ist). Diese Werte führen gemäss einer Untersuchung von Coudrain, Arlettaz und Schaub (2010) bereits zu einer Revier-Besetzungswahrscheinlichkeit von 20 %, die mit dem zur Verfügung stellen von Nisthilfen auf rund 90 % steigt. Die Vegetationshöhe hingegen spielt für den Wendehals als Habitatwahl eine untergeordnete Rolle (Weisshaupt et al., 2011). Jedoch sinkt die Dichte der Invertebraten mit zunehmender Vegetationshöhe (Morris, 2000, gefunden in Weisshaupt et al., 2011). Dies trifft bei dieser Untersuchung zumindest für die Ameisen nicht zu, denn mit zunehmender Vegetationshöhe steigt auch die gefundene Anzahl Ameisennester in den untersuchten Plots, wobei die Volumina der Hügel abnehmen.

Die Vegetation scheint in den extensiv bewirtschafteten Flächen dichter zu sein. Deutlicher ist der Unterschied zwischen Wiesen und Weiden. Die Weiden verzeichnen eine durchschnittlich niedrigere Vegetation als die Wiesen des entsprechenden Bewirtschaftungspendats. Dies weist auf einen Unterschied der Bewirtschaftungsart hin. Dass die Vegetation in den Trockenwiesen und -weiden höher ist als in den extensiv bewirtschafteten Grünlandtypen, ist ebenfalls auf den entsprechend vorgefundenen Lebensraumtyp, dem Mesobromion, zurückzuführen (Anhang C: Ergänzende Diagramme).

#### 4.3 Methodendiskussion

Um die Ameisenverfügbarkeit im Grünland zu quantifizieren, wählte ich zwei Zielgrössen, welche als Vergleichsmass beigezogen und diskutiert werden können. Die Anzahl Ameisennester (Ameisenhügel und unterirdische Nester) pro Flächeneinheit hat sich, wie in anderen Untersuchungen (Coudrain & Arlettaz & Schaub, 2010; Mermoud et al., 2009; Weisshaupt et al., 2011) als geeignetes Mass zur Quantifizierung von Ameisen herausgestellt. Diese Grösse liefert jedoch wenig Informationen über die tatsächlich für den Wendehals verfügbare Nahrung in Form von Ameisenbiomasse, enthält aber zusätzlich die Information der unterirdischen Ameisennester. Die unterirdischen Nester könnten gemäss der Feldbeobachtung von Claudy (1951) als Ressource für den Wendehals nicht uninteressant sein. Jedoch konnte ich neben diesem einzelnen Beleg keine weiteren vergleichbaren Belege finden. Glutz von Blotzheim und Bauer (1994) erwähnen lediglich als weiteres Anzeichen für die Nutzung solcher Ressourcen die Geschicklichkeit des Wendehalses, mit der Zunge auch Ameisen hinter Baumrinde und unter Steinen erreichen zu können. Das Volumen eines Ameisenhügels ist vielleicht die relevantere Information der für den Wendehals tatsächlich verfügbaren Nahrung der Ameisenbiomasse. Dies jedoch nur unter der Annahme, dass die Grösse der Ameisenhügel mit der Grösse des Ameisenstaates korreliert. Tatsächlich müssten die Vegetationsparameter, welche ebenfalls einen Einfluss auf die Grösse des Ameisenhügels haben, wohl mitberücksichtigt

werden. Dabei bleibt beim Mass des Volumens eines Ameisenhügels das unterirdische Nest unberücksichtigt. Ich nehme an, dass letzteres für einen nahrungssuchenden Wendehals nicht erste Priorität hat. Er wird die Ameisenhügel, wie ich, leichter in der Vegetation entdecken, als unterirdisch verborgene Nester und somit erstere favorisieren. Dies war auch der Ursprungsgedanke der Anwendung der subjektiven Transekt-Methode.

Weiterführend versuchte ich mit dem neuen Ansatz, der Berücksichtigung der Lebensraumtypen, aufschlussreiche Erkenntnisse auf die Frage nach der Ameisenverfügbarkeit und -erreichbarkeit zu finden. In der Regel setzte man bisweilen die gewonnenen Ergebnisse in den Zusammenhang landwirtschaftlicher Typologisierung (gem. DZV, 2013). Betrachtet man die Resultate in Relation der Lebensraumtypen nach Delarze, Gonseth und Galland (1999), gewinnt man wertvolle ökologiebetonte Informationen über die Untersuchungsflächen. Daraus lassen sich auch geeignete Pflege, Förderung und Schutz des Objektes ableiten (Delarze & Gonseth & Galland, 1999). Im Rahmen dieser Arbeit umfasst die Vielfalt drei Lebensraumtypen, wobei die Datenmenge des Cynosurions gegenüber dem Mesobromion und dem Arrhenatherion deutlich untervertreten ist und keine ausreichende Diskussionsbasis darzustellen vermag.

Um die Vor-, respektive Nachteile der beiden angewandten Methoden zu vergleichen, muss man die unterschiedlichen Ausprägungen der Varianten berücksichtigen. Mit der Plot-Methode untersuchte ich objektiv gewählte 20 m<sup>2</sup> (4 Plots à 5 m<sup>2</sup>) pro Parzelle auf Ameisen, wobei ich 2,5 min\*m<sup>-2</sup> investierte (Coudrain & Arlettaz & Schaub, 2010). Hingegen standen mir für die subjektiv gewählten 100 m<sup>2</sup> mit der Transekt-Methode lediglich 6 sec\*m<sup>-2</sup> zur Verfügung. Während ich mit der Plot-Methode 95 Ameisenhügel (n = 117 Nester) entdeckte, konnte ich hingegen mit der Transekt-Methode 85 Ameisenhügel, also keine unterirdische Nester entdecken. Die Entdeckungswahrscheinlichkeit von kleinen Hügeln oder unterirdischen Nestern scheint in den kleineren Plots unter einem vergleichsweise längeren Zeitkontingent grösser zu sein. Ein Plot von 5 m<sup>2</sup> ist zudem übersichtlicher und lässt sich systematischer untersuchen (vergl. Kapitel 2.3). So lassen sich unterirdische Nester nur durch den Aufwand genauen Suchens und unter zu Hilfenahme eines geeigneten Instruments (Hand-Gartenhacke) nachweisen. Durch die subjektive Wahl der Transekte lassen sich, wie zu vermuten war, die grösseren Volumina der Ameisenhügel finden.

Ob bei künftigen Vorabklärungen des Nahrungsangebots für den Wendehals auf die Plot-, oder Transekt-Methode zurückgegriffen werden soll, hängt von verschiedenen Faktoren ab. Folgende Faktoren sollen dazu abgewogen werden: In erster Linie ist die genaue Fragestellung entscheidend für die Wahl der geeigneten Methode und der Rahmen der zur Verfügung stehenden Ressourcen. Anders als die Plot-Methode basiert die Transekt-Methode auf subjektiver Selektion, was ein statistisches Handicap darstellen kann. Weiter liefert die Plot-Methode geeignetere Vergleichswerte im Hinblick auf andere bestehende

Arbeiten. Schlussendlich werden mit der Transekt-Methode die unterirdischen Nester nicht berücksichtigt, was im Gegensatz zur Plot-Methode die tatsächlich zur Verfügung stehende Ameisenbiomasse weniger widerspiegelt. Auf jeden Fall sollte der Lebensraumtyp in den Feldaufnahmen aus meiner Sicht mit aufgenommen werden, unberücksichtigt ob Plot-, oder Transekt-Methode.

#### 4.4 Praxisrelevanz und Förderung von Ameisen im Grünland

Diese Arbeit zeigt, dass im Untersuchungsgebiet ein Unterschied zwischen den untersuchten Grünlandtypen und Lebensraumtypen bezüglich der Ameisenverfügbarkeit besteht, wobei eine Inhomogenität bezüglich der Verteilung der Ameisennester festzustellen ist. Der Grünlandtyp extensive Wiese verfügt über die höchste Ameisendichte neben der Trockenweide. Letzterer Grünlandtyp setzt sich jedoch ausschliesslich aus dem Mesobromion zusammen, was eine verbesserte Erreichbarkeit der Nahrung für den Wenhals bedeutet. Weiter fand ich in diesem Grünlandtyp die grössten Ameisenhögel. Neben der optimalsten Erreichbarkeit der Ameisen im Mesobromion findet sich die höhere Ameisendichte im Arrhenatherion. Würde man sich auf den Lebensraumtyp des Mesobromions konzentrieren, bringt dies den Vorteil, dass dieser alle untersuchten Grünlandtypen umfasst. Dies würde für eine vermehrte Berücksichtigung der Lebensraumtypen, insbesondere des artenreichen und mageren Mesobromions, sprechen. Die Grünlandameisen schätzen offene Grünlandflächen mit halboffenen Bereichen, erhöhtem Struktureichtum, kleinen Inseln von Gebüsch und Gehölzen mit traditionellem Bewirtschaftungssystem (Dauber, 2009; Seifert, 1996). Ableitend könnten sich die Förderungsmassnahmen der Grünlandameisen über die Lebensraumtypen wie folgt zusammenfassen lassen: Seifert (2009) und Folgarait (1998) (gefunden in Coudrain & Arlettaz & Schaub, 2010) proklamieren den höchsten Artenreichtum auf stickstoffarmen Böden. Delarze, Gonseth und Galland (1999) weisen neben dem Düngen auf die Bewässerung hin, die dem Mesobromion schaden, eine weitere Bedrohung kommt durch die Ausdehnung von Weinbau, sowie Siedlungsfläche hinzu. Als letztes wird die Aufgabe der ursprünglichen Nutzung genannt. Das Arrhenatherion hingegen erträgt eine jährliche Düngung kombiniert mit einem bis zwei Schnitte pro Jahr und optionaler Beweidung im Herbst (Delarze & Gonseth & Galland, 1999). Fokussiert auf die Grünlandtypen, zusammengefasst für Wiesen und Weiden, können folgende Ansätze für eine ameisenschonende und grünlandfördernde Pflege gemäss Graf et al. (2016) relevant sein: Beim Mähen von Wiesen sollte, aufgrund eines hohen Schadenpotentials bezüglich der Fauna, auf Mähauflbereiter verzichtet werden. Weiter soll die Schnitthöhe auf mindestens 10 cm eingestellt werden, was wildlebende Kleintiere schont. Dabei ist empfehlenswert, eine ungemähte Fläche von rund 10 % als Rückzugsgebiet auch über den Winter stehen zu lassen, wobei die Lage des Altgrasstreifens bei jedem Schnitt geändert wird. Wiesen lassen sich durch das Anpassen des Schnittregimes oder einer Neuansaat aufwerten, wobei in jedem Fall auf den Einsatz von Herbiziden verzichtet werden soll. Auch bei Weiden sollten offene Bodenstellen und Erdanrisse erhalten



bleiben, zusätzlich Problempflanzen wie Adlerfarn und Neophyten bekämpft und Strukturelemente geschaffen und unterhalten werden. Einzelbäume wie Hochstammobst erhöhen die Vielfalt und sollte vor Weidevieh geschützt werden. Eine Verbuschung sollte auf jeden Fall vermieden werden. Dies kann mit einer Anpassung der Weidetiere und deren spezifischen Beweidung gesteuert werden.

Ausblickend gibt es noch weiterführende Fragen zu klären: So ist beispielsweise unklar, ob die Grösse eines Ameisenhügels zwingend mit der Grösse des Ameisenstaates korreliert und entsprechend grössere Hügel demzufolge eine grössere, als Nahrung zur Verfügung stehende Ameisenbiomasse bedeutet. Auch ungenügend geklärt ist die Bedeutung der unterirdischen Ameisennester als Nahrungsressource für den Wendehals. Auch bestimmte ich im Rahmen dieser Arbeit keine Ameisenarten. Dies hat zur Folge, dass ich unter Umständen Nester von Arten mitberücksichtigte, die für den Wendehals uninteressant sind. Ergo ist auch unklar, ob die vom Wendehals bevorzugten Ameisen in den untersuchten Gebieten anwesend waren. Mit dieser Arbeit habe ich Erkenntnisse über Präsenz und Absenz von Ameisen im Untersuchungsgebiet gewonnen. Wären die Arten bekannt, wäre eine gezieltere Ameisenförderung in der Region mit Massnahmenformulierung, Wirkungs- und Umsetzungszielen womöglich einfacher.

Aufgrund eigener Beobachtungen im Feld vermute ich eine erhöhte Dichte an Ameisen in Randbereichen von Strukturen, wie Strassen, Feldwegen, entlang von Zäunen, oder sonstigen Übergängen von verschiedenem, sich angrenzendem Grünland. Jedoch wurden genau diese Übergangsbereiche durch die Pufferung der Untersuchungsflächen ausgeschlossen. Ob es sich dabei wirklich um eine Kumulation von Ameisenhöfen handelt, oder die Hügel in der niederen und deckungsschwachen Vegetation lediglich besser zu entdecken sind und eine entsprechende Häufung suggerieren, bleibt aus meiner Sicht zu untersuchen und in weiteren Feldaufnahmen zu berücksichtigen.

Es bleibt noch zu vermerken, dass ich in dieser Arbeit nicht alle für den Wendehals limitierenden Faktoren mitberücksichtigt habe, um abschliessend über eine Förderung des Wendehalses in der Region zu entscheiden. Neben der Nahrungsverfügbarkeit und Nahrungszugänglichkeit bleibt die Abklärung der Verfügbarkeit an Nistmöglichkeiten (Coudrain & Arlettaz & Schaub, 2010). Auch bleibt die Frage des Konkurrenz- und Prädationsdrucks ungeklärt.

## 5 Literaturverzeichnis

- Braun-Blanquet, J. (2013). Pflanzensozioökologie: Grundzüge der Vegetationskunde. Springer-Verlag.
- Claudy, M. (1951). Accouplement du Torcol. Nos Oiseaux, 18 (217), 107.
- Coudrain, V., Arlettaz, R., Schaub, M. (2010). Food or nesting place? Identifying factors limiting Wryneck populations. J Ornithol, 151, 867-880.
- Dauber, J. (2009). Ameisen (Hymenoptera, Formicidae) in Kulturlandschaften. Denisia, 25, 67-78.
- Delarze, R., Gonseth, Y., Galland, P. (1999). Lebensräume der Schweiz. Ökologie-Gefährdung-Kennarten. Ott-Verlag, Thun.
- Direktzahlungsverordnung, DZV (23. Oktober 2013). Voraussetzungen und Auflagen für den Beitrag der Qualitätsstufe Art. 58 und Anhang 4, Ziffer 1.1 (Stand am 7. Februar 2017).
- Folgarait, P.J. (1998). Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. — Biodivers. Conserv. 7, 1221-1244.
- Freitag, A. (1996). Le régime alimentaire du Torcol fourmilier (*Jynx torquilla*) en Valais (Suisse). Nos Oiseaux 43, 497–512.
- Freitag, A. (1998). Analyse de la disponibilité spatio-temporelle des fourmis et des stratégies de fourrage du torcol fourmilier (*Jynx torquilla*). Thèse de Doctorat. Université de Lausanne.
- Glutz von Blotzheim, U.N. & Bauer, K.M. (1994). *Jynx torquilla* – Wendehals. In: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Bd. 9. Columbi-formes – Piciformes. Wiesbaden: Akademische Verlagsgesellschaft.
- Graf, R., Jenny, M., Chevillat, V., Weidmann, G., Hagist, D., Pfiffner, L. (2016). Biodiversitätsförderflächen. In: Biodiversität auf dem Landwirtschaftsbetrieb. Ein Handbuch für die Praxis. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Schweizerische Vogelwarte (Hrsg.), Bern: Stämpfli AG.
- Hölldobler, B., Wilson, E. O. (2013). Ameisen: die Entdeckung einer faszinierenden Welt. Springer-Verlag.
- Jongman, R. H. G. (2002). Homogenisation and fragmentation of the European landscape: ecological consequences and solutions. Landscape and urban planning, 58 (2), 211-221.
- Kanton Solothurn (2017). Unveröffentlichte Geodaten Agrardatenerhebung 2017. Datenart: Shapefiles.
- Keller, V., Ayé, R., Müller, W., Spaar, R., Zbinden, N. (2010a). Die prioritären Vogelarten der Schweiz. Ornithologischer Beobachter 107, 265-285.

- Keller, V., Gerber, A., Schmid, H., Volet, B., Zbinden, N. (2010b). Artenliste mit Gefährdungskategorien. In: Rote Liste Brutvögel: Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Umwelt (BAFU) und Schweizerische Vogelwarte (Hrsg.), Bern: BBL.
- Knaus, P., Graf, R., Guélat, J., Keller, V., Schmid, H., Zbinden, N. (2011). Historischer Brutvogelatlas: Die Verbreitung der Schweizer Brutvögel seit 1950. Sempach: Vogelwarte.
- Korner-Nievergelt, F., Roth, T., Von Felten, S., Guélat, J., Almasi, B., & Korner-Nievergelt, P. (2015). Bayesian data analysis in ecology using linear models with R, BUGS, and Stan. Academic Press.
- Lanz, M. (2017). Unveröffentlichte Geodaten des Projekts «Artenförderung Wendehals». Datenart: Shapefiles.
- Mermod, M., Reichlin, T. S., Arlettaz, R., Schaub, M. (2009). The importance of ant-rich habitats for the persistence of the Wryneck (*Jynx torquilla*) on farmland. Ibis 151 (4), 731-742.
- Meteo Schweiz. Abgerufen am 21.07.2017 von: <http://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/gegenwart/monats-und-jahreskarten.html?>
- Morris, M.G. (2000). The effects of structure and its dynamics on the ecology and conservation of arthropods in British grasslands. Biol. Cons. 95, 129–142.
- Schmid, H., Luder, R., Naef-Daenzer, B., Graf, R., Zbinden, N. (1998). Wendehals. In: Schweizer Brutvogel Atlas: Verbreitung der Brutvögel in der Schweiz und im Fürstentum Lichtenstein 1993-1996. Schweizerische Vogelwarte (Hrsg.), Ala Schweiz. Gesellschaft für Vogelkunde und Vogelschutz.
- Seifert, B. (1996). Ameisen beobachten, bestimmen. Augsburg: Natur Buch Verlag.
- Seifert, B. (2009). Lebensraumansprüche, Biomassen und Erreichbarkeit für Spechte relevanter Ameisen. In: Nationalparkverwaltung Harz (Hrsg.): Aktuelle Beiträge zur Spechtforschung – Tagungsband 2008 der Projektgruppe Spechte der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft. Schriftenreihe aus dem Nationalpark Harz, Bd. 3, 20-27.
- Swisstopo (2017). Trockenwiesen und -weiden (TWW), Stand 2013. Abgerufen am 21.07.2017 von: <https://www.geo.admin.ch>.
- Weisshaupt, N., Arlettaz, R., Reichlin, T. S., Tagmann-Ioset, A., Schaub, M. (2011). Habitat selection by foraging Wrynecks (*Jynx torquilla*) during the breeding season: Identifying the optimal habitat profile. Bird Study, 58 (2), 111-119.

Wijk, R. E., Schaub, M., Tolkmitt, D., Becker, D., Hahn, S. (2013). Short-distance migration of Wrynecks (*Jynx torquilla*) from Central European populations. *Ibis* 155 (4), 886-890.

Zingg, S., Arlettaz, R., Schaub, M. (2010). Nestbox design influences territory occupancy and reproduction in a declining, secondary cavity-breeding bird. *Ardea* 98, 67–75.

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Kreisflächen zeigen die modifizierten Untersuchungsgebiete im Solothurner Jura (untere Bildmitte die Stadt Solothurn), basierend auf den potentiellen Fördergebieten der Vogelwarte Sempach. Hintergrundkarte: Geodaten © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community.....	9
Abbildung 2: Ausschnitt einer Untersuchungsfläche in Holderbank. Diese Trockenwiese (Swisstopo, 2017) mit Priorität A wird zweimal untersucht (2x). Die Koordinatenangaben entsprechen den zufällig gewählten Mittelpunkten der zu untersuchenden Kreisplots. Hintergrundkarte: Geodaten © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community. (Komplette Karte Anhang A: Karten Untersuchungsgebiete) .....	11
Abbildung 3: Ausgesteckter Plot in einer Trockenwiese in Bettlach (D. Henseler, 2017).....	13
Abbildung 4: Erwartete Anzahl Nester / Plot in den vier Grünlandtypen mit Fehlerbalken, die zweimal der Standard-Fehler (95 % Konfidenzintervall) entsprechen. Extensive Weide (EXWE, n = 22, 13 Negativnachweise), extensive Wiese (EXWI, n = 47, 6 Negativnachweise), Trockenweide (TRWE, n = 30, 8 Negativnachweise) und Trockenwiese (TRWI, n = 18, 12 Negativnachweise).....	19
Abbildung 5: Rohdatenvisualisierung der Volumina der Ameisenhögel (n) pro Plot mit Wiederholungsuntersuchung in den vier Grünlandtypen extensive Weide (EXWE, n = 16), extensive Wiese (EXWI, n = 85), Trockenweide (TRWE, n = 25) und Trockenwiese (TRWI, n = 30). Zu beachten ist die logarithmierte y- Achse (Berechnung der Boxplot-Kennzahlen auf den untransformierten Werten). ....	20
Abbildung 6: Rohdatenvisualisierung der Anzahl Ameisennester in den vorgefundenen Lebensraumtypen pro Plot (Negativnachweise sind mitberücksichtigt), der ersten und der zweiten Untersuchung. Mesobromion (4.2.4, n = 73, 26 negativ), Arrhenatherion (4.5.1, n = 52, 16 negativ) und Cynosurion (4.5.3, n = 7, 5 negativ).....	21
Abbildung 7: Rohdatenvisualisierung der Volumina der Ameisenhögel in den vorgefundenen Lebensraumtypen Mesobromion (4.2.4, n = 63), Arrhenatherion (4.5.1, n = 87) und Cynosurion (4.5.3, n = 1) pro Plot. Die Visualisierung umfasst die in den untersuchten Plots vorgefundenen Lebensräume mit den entsprechenden Volumina der Ameisenhögel der ersten und der zweiten Untersuchung. Zu beachten ist die logarithmierte y- Achse (Berechnung der Boxplot-Kennzahlen auf den untransformierten Werten). .....	21
Abbildung 8: Vergleich der Anzahl Ameisennester der Plots (n) mit Wiederholungsuntersuchungen in der extensiven Wiese (n = 20) und der Trockenwiese (n = 20). Es wird pro Plot und Aufnahme die Anzahl Nester aufgeführt und miteinander verbunden. ....	22

Abbildung 9: Rohdatenvisualisierung Vegetationsdeckungsgrad pro Plot aus der ersten Untersuchung in den vorgefundenen Lebensraumtypen Mesobromion (4.2.4, n = 51), Arrhenatherion (4.5.1, n = 36) und Cynosurion (4.5.3, n = 7). .....	23
Abbildung 10: Rohdatenvisualisierung der durchschnittlichen Vegetationshöhe pro Plot aus der ersten Untersuchung in den vorgefundenen Lebensraumtypen Mesobromion (4.2.4, n = 51), Arrhenatherion (4.5.1, n = 36) und Cynosurion (4.5.3, n = 7). .....	23
Abbildung 11: Nester pro Plot (n = 96) in Abhängigkeit von Deckungsgrad und Vegetationshöhe. Ergänzend zum erwarteten Mittelwert der drei Vegetationshöhen mit dem Vertrauensintervall (gepunktete Linien) sind die Rohdaten der Deckungsgradmessungen in Grau dargestellt. ....	24
Abbildung 12: Das Modell stellt die erwarteten Nestvolumina (n = 95) pro Plot dem Deckungsgrad (Rohdaten in Grau) gegenüber.....	25
Abbildung 13: Das Modell stellt die erwarteten Nestvolumina (n = 95) pro Plot der durchschnittlichen Vegetationshöhe (Rohdaten in Grau) gegenüber. ....	25
Abbildung 14: Rohdatenvisualisierung der vorgefundenen Anzahl Ameisenhögel pro Transekt (Negativnachweise sind mitberücksichtigt) in den vier Grünlandtypen extensive Weide (EXWE, n = 6), extensive Wiese (EXWI, n = 6), Trockenweide (TRWE, n = 6) und Trockenwiese (TRWI, n = 6). ....	26
Abbildung 15: Rohdatenvisualisierung der gemessenen Volumina der Ameisenhögel pro Transekt in den vier Grünlandtypen extensive Weide (EXWE, n = 6), extensive Wiese (EXWI, n = 6), Trockenweide (TRWE, n = 6) und Trockenwiese (TRWI, n = 6).....	26
Abbildung 16: Die Transekt-Methode wird gegen die Kreisplot-Methode aufgetragen. Die Abbildung zeigt die Anzahl Ameisenhögel im Transekt (n = 24) und die aufsummierte Anzahl Ameisennester/Parzelle (inkl. unterirdische Nester) der vier Kreisplots (n = 96) ohne zweite Untersuchung. ....	27
Abbildung 17: Die Transekt-Methode wird gegen die Kreisplot-Methode aufgetragen. Die Abbildung zeigt das arithmetische Mittel der Volumina der Ameisenhögel im Transekt (n = 16) und das arithmetische Mittel der Volumina der Ameisenhögel der vier Kreisplots (n = 49) derselben Parzelle ohne zweite Untersuchung und unterirdischen Nester.....	27

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erläuterung zu den verwendeten Parametern der Feldaufnahme. ....	14
Tabelle 2: Anteil der bestimmten Lebensraumtypen in den Grünlandtypen. Die vier Grünlandtypen wurden zu gleichen Teilen (n = 24 Plots) untersucht. ....	18





## Anhang

### Anhangsverzeichnis

**Anhang A:     Karten Untersuchungsgebiete**

**Anhang B:     Feldprotokoll**

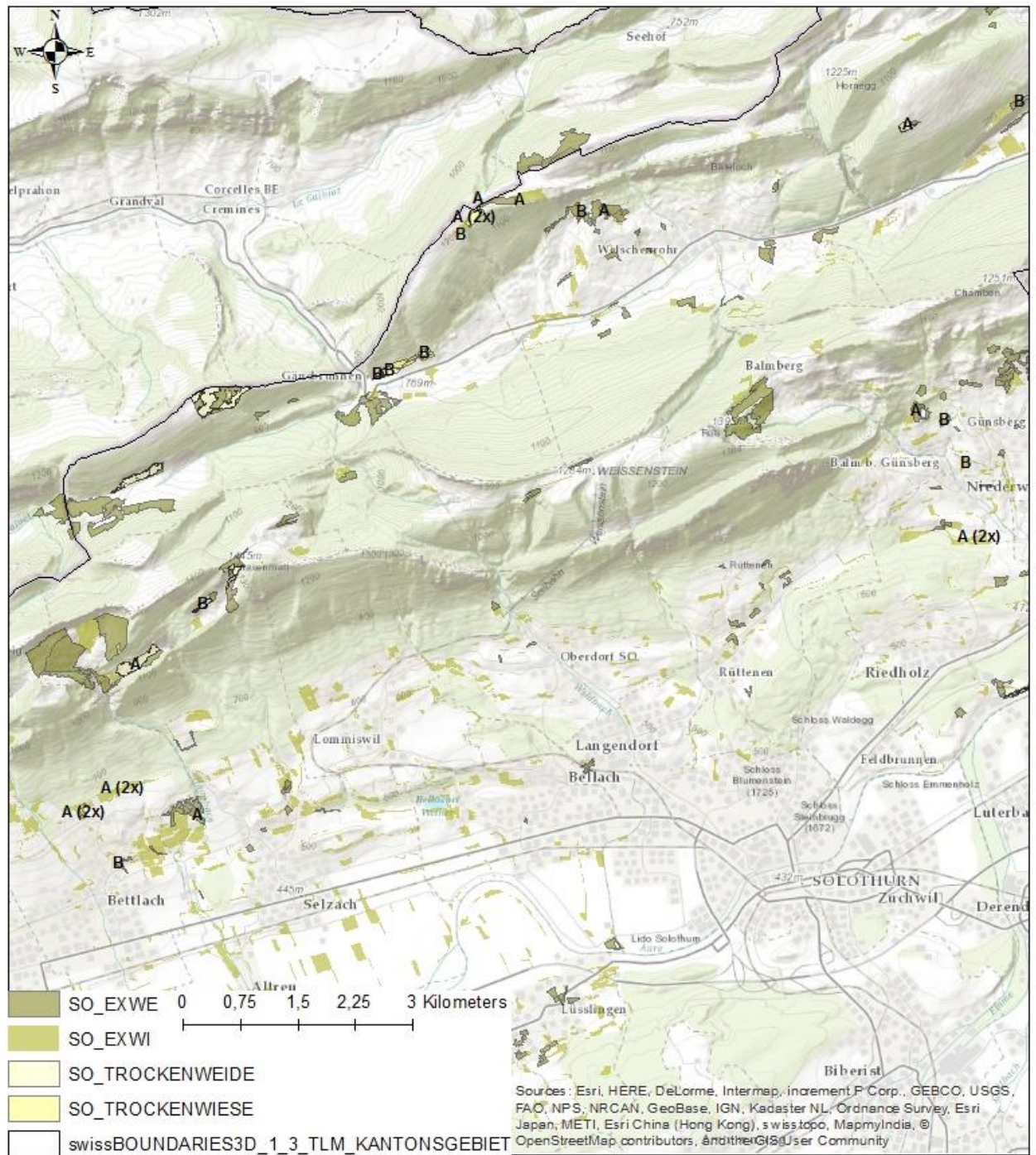
**Anhang C:     Ergänzende Diagramme**

**Anhang D:     Rohdaten**

**Anhang E:     R Skript**

Anhang A: Karten Untersuchungsgebiete

## Übersicht\_West



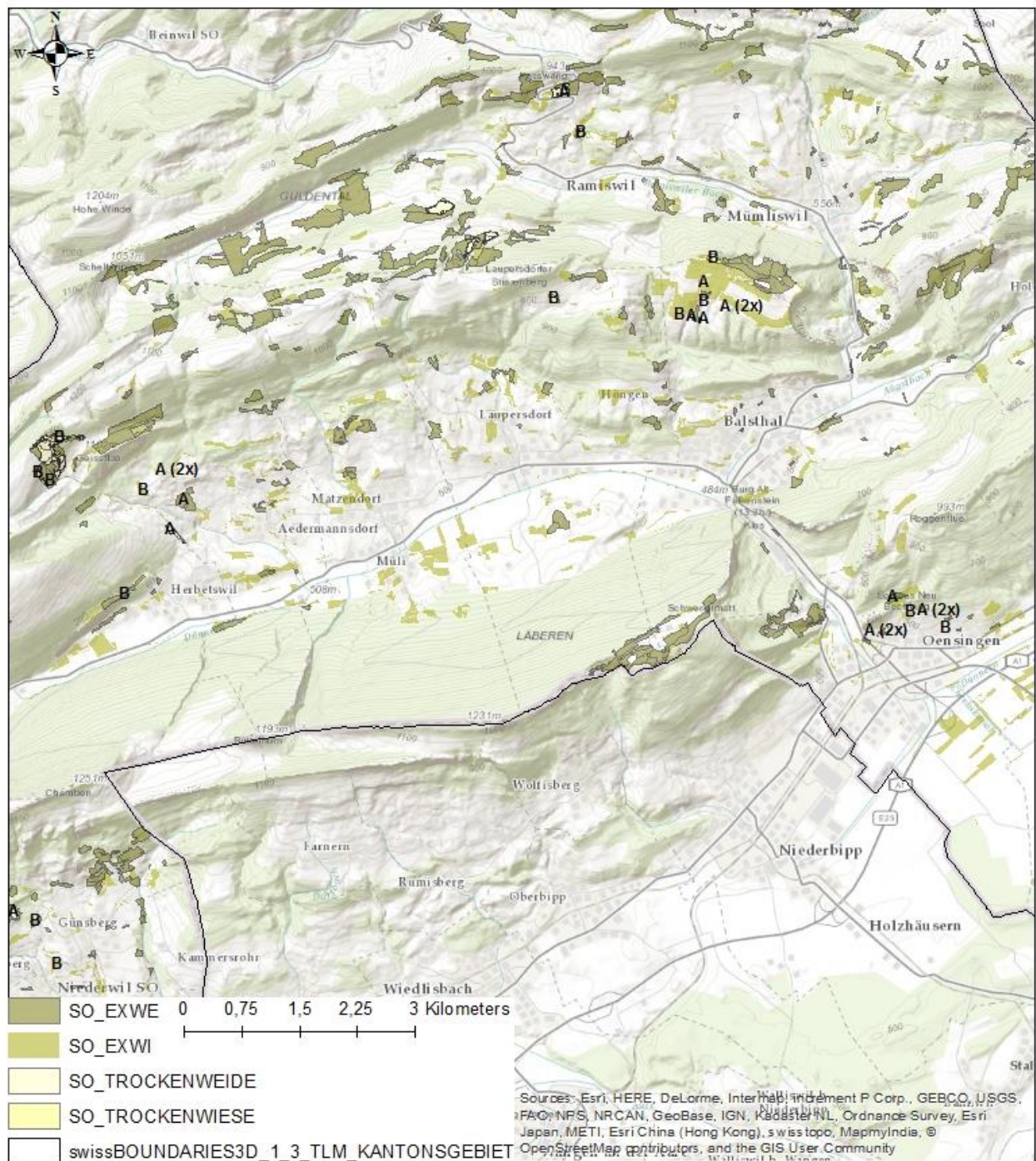
D. Henseler, April 2017; Datengrundlagen Kanton Solothurn

1.66.295

Abbildung: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets (West). In der Karte sind die Grünlandtypen eingezeichnet mit den Untersuchungsprioritäten und Wiederholungsflächen.



## Übersicht\_OST



D. Henseler, April 2017; Datengrundlagen Kanton Solothurn

1:66.295

Abbildung: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets (Ost). In der Karte sind die Grünlandtypen eingezeichnet mit den Untersuchungsprioritäten und Wiederholungsflächen.

**Anhang B: Feldprotokoll**

Abiotische Parameter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ortschaft:</li> <li>• Datum und Zeit:</li> <li>• Grünlandtyp:</li> <li>• Samplepriorität: A B</li> <li>• → B Verschiebungskriterium:</li> <li>• Koordinaten Sample [X/Y]:</li> <li>• Bodentemperatur [°C]:</li> <li>• Geländeexposition [Azimut]:</li> <li>• Geländeneigung [%]:</li> <li>• Höhe über Meer [m]:</li> <li>• Wetter, Bewölkung [%]</li> </ul>
----------------------	--

Vegetationsparameter	<p>Vegetationshöhe im Durchschnitt [cm]:</p> <p>Deckungsgrad [%]:</p> <p>Lebensraumtyp nach Delarze [Code]:</p>
----------------------	---

Ameisenparameter	<p>Plot: Ameisen vorhanden JA NEIN</p> <p>Anzahl Nester:</p> <p>Ameisenstadien</p> <p>Larven / Puppen</p> <p>Adulte Tiere</p> <p>Flugfähige Tiere</p> <p>Relative Nestgrösse [cm]:</p> <p>Subjektiver Transekt</p> <p>Koordinaten (Anfangspunkt) und Ausrichtung [Azimut]:</p> <p>Anz. Nester</p> <p>Relative Nestgrösse [cm]:</p>
------------------	--

## Anhang C: Ergänzende Diagramme

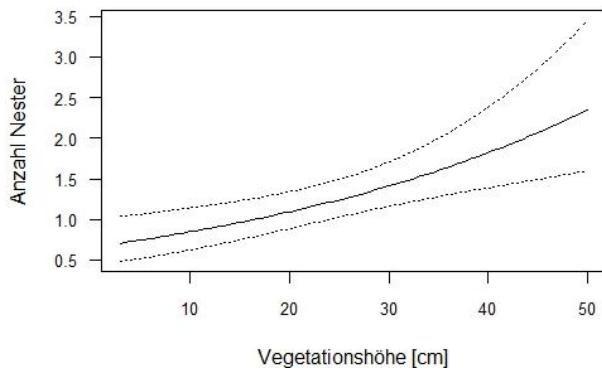


Abbildung: Das Poisson-Modell stellt die erwartete Anzahl Nester pro Plot (n = 96) der Vegetationshöhe gegenüber. Die Modellierung umfasst Daten aus der ersten Untersuchung.

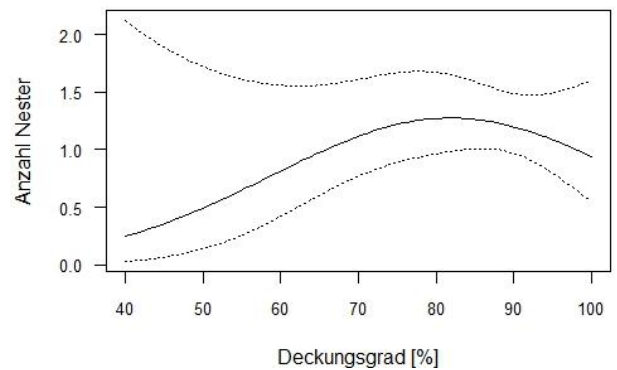


Abbildung: Das Poisson-Modell stellt die erwartete Anzahl Nester pro Plot (n = 96) dem Deckungsgrad gegenüber. Die Modellierung umfasst Daten der ersten Untersuchung.

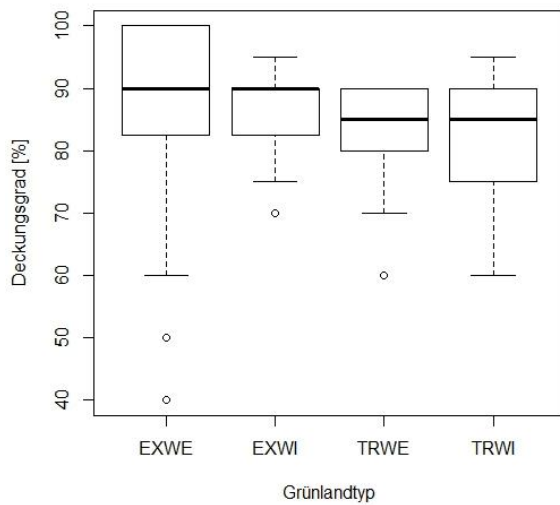


Abbildung: Rohdatenvisualisierung Vegetationsdeckungsgrad pro Plot aus der ersten Untersuchung in den vorgefundenen Grünlandtypen extensive Weide (EXWE, n = 24), extensive Wiese (EXWI, n = 24), Trockenweide (TRWE, n = 24) und Trockenwiese (TRWI, n = 24).

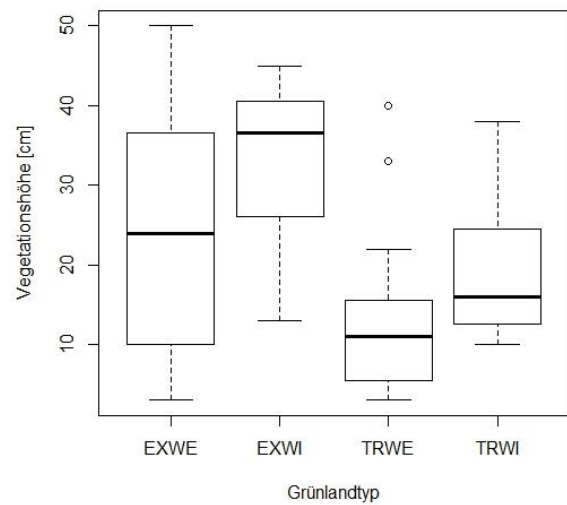


Abbildung: Rohdatenvisualisierung Vegetationshöhe pro Plot aus der ersten Untersuchung in den vorgefundenen Grünlandtypen extensive Weide (EXWE, n = 24), extensive Wiese (EXWI, n = 24), Trockenweide (TRWE, n = 24) und Trockenwiese (TRWI, n = 24).

**Anhang D: Rohdaten**

Tabelle Rohdaten Datensatz Vegetation / abiotische faktoren. Die Bodentemperatur wurde in °C, die Geländeneigung in %, die wolkendecke in %, die durchschnittliche Vegetationshöhe in cm und der Vegetationsdeckungsgrad in % gemessen.

Datum	Uhrzeit	Grünland-typ	Durchgang	Sampling-priorität	Verschiebungs-kriterium	X-Koord	Y-Koord	Boden-temp.	Exposition	G.Neigung	m ü.M	Wolken	Veg.HöheØ	Deckung	Lebensraum
16. 5. 17	13:45	EXWI	1	A	NA	611600	240055	26	16	1.2	730	10	23	90	4.5.1
16. 5. 17	14:30	EXWI	1	A	NA	611615	240077	28	0	0	730	10	35	90	4.5.1
16. 5. 17	15:00	EXWI	1	A	NA	611636	240065	35	0	0	730	7	28	95	4.5.1
16. 5. 17	15:40	EXWI	1	A	NA	611668	240087	28	0	0	730	7	15	90	4.5.1
20. 5. 17	11:45	EXWE	1	A	NA	600041	229057	24	40	10.2	540	50	50	95	4.5.1
20. 5. 17	12:15	EXWE	1	A	NA	599980	229122	22	40	38.5	540	70	35	95	4.5.1
20. 5. 17	12:45	EXWE	1	A	NA	600015	229146	21	30	16.2	555	70	25	90	4.5.1
20. 5. 17	13:17	EXWE	1	A	NA	599921	229172	17	32	24.3	561	90	22	80	4.5.1
20. 5. 17	15:15	TRWI	1	A	NA	598574	229070	18	32	11.2	611	80	27	80	4.2.4
20. 5. 17	15:50	TRWI	1	A	NA	598591	229096	18	32	18.8	614	90	30	80	4.2.4
20. 5. 17	16:20	TRWI	1	A	NA	598539	229160	16	32	14.7	625	90	38	90	4.2.4
20. 5. 17	16:50	TRWI	1	A	NA	598582	229229	15	32	30.9	635	70	27	85	4.2.4
21. 5. 17	11:00	EXWI	1	A	NA	599092	229460	27	28	13	644	30	38	90	4.5.1
21. 5. 17	11:40	EXWI	1	A	NA	599063	229404	24	28	25.2	636	40	40	70	4.5.1
21. 5. 17	12:15	EXWI	1	A	NA	598873	229384	19	36	12.5	643	30	41	NA	4.5.1
21. 5. 17	12:50	EXWI	1	A	NA	598826	229320	28	32	16.4	632	30	18	80	4.2.4
21. 5. 17	18:00	EXWI	1	A	NA	610094	233637	20	32	19.9	581	10	29	90	4.5.1
21. 5. 17	18:30	EXWI	1	A	NA	610081	233661	20	32	28.2	585	10	40	90	4.5.1
21. 5. 17	19:00	EXWI	1	A	NA	610111	233696	17	32	21.4	594	10	41	90	4.5.1
21. 5. 17	19:30	EXWI	1	A	NA	610055	233696	17	32	23.5	590	10	38	90	4.5.1
26. 5. 17	11:00	EXWI	1	A	NA	610128	232704	19	0	0	509	0	45	90	4.5.1
26. 5. 17	11:30	EXWI	1	A	NA	610265	232734	23	0	0	510	0	40	90	4.5.1
26. 5. 17	12:00	EXWI	1	A	NA	610283	232704	21	0	0	509	0	45	90	4.5.1
26. 5. 17	12:40	EXWI	1	A	NA	610349	232766	24	0	0	509	0	44	95	4.5.1

ZHAW Departement N. BA, Henseler, D.

26. 5. 17	14:50	TRWE	1	A	NA	616684	245112	26	32	32.5	889	0	40	85	4.2.4
26. 5. 17	15:20	TRWE	1	A	NA	616662	245092	36	32	37.2	883	0	22	85	4.2.4
26. 5. 17	15:50	TRWE	1	A	NA	616631	245009	31	32	29.2	858	0	16	90	4.2.4
26. 5. 17	16:15	TRWE	1	A	NA	616542	245046	18	32	23.8	880	0	33	90	4.2.4
27. 5. 17	08:30	TRWI	1	A	NA	618575	242887	13	44	20.5	920	0	14	90	4.2.4
27. 5. 17	09:05	TRWI	1	A	NA	618611	242889	15	44	18.1	926	0	18	75	4.2.4
27. 5. 17	09:40	TRWI	1	A	NA	618657	242857	15	32	48.9	935	0	17	90	4.2.4
27. 5. 17	10:20	TRWI	1	A	NA	618632	242834	22	32	19.4	926	0	15	90	4.2.4
27. 5. 17	11:45	TRWE	1	A	NA	618327	242105	24	40	43.3	777	0	5	60	4.2.4
27. 5. 17	12:40	TRWE	1	B	ausserhalb der Weide	618334	242094	34	40	40.8	774	5	5	70	4.2.4
27. 5. 17	13:00	TRWE	1	B	ausserhalb der Weide	618355	242083	32	32	23	784	5	20	80	4.2.4
27. 5. 17	13:25	TRWE	1	B	ausserhalb der Weide	618440	242087	37	16	43.3	786	5	19	80	4.2.4
27. 5. 17	14:30	EXWE	1	A	NA	618527	242383	39	27	24.3	839	10	25	85	4.5.1
27. 5. 17	14:55	EXWE	1	A	NA	618511	242369	36	27	23.3	837	10	23	90	4.5.1
27. 5. 17	15:15	EXWE	1	A	NA	618472	242355	32	36	16.9	832	10	28	95	4.5.1
27. 5. 17	15:40	EXWE	1	A	NA	618475	242400	34	32	21.6	840	10	29	90	4.5.1
27. 5. 17	16:50	EXWI	1	A	NA	618860	242251	27	32	11.9	839	20	38	90	4.5.1
27. 5. 17	17:35	EXWI	1	B	verholzt	618919	242242	24	20	24.2	836	20	34	90	4.5.1
27. 5. 17	18:00	EXWI	1	A	NA	618994	242175	26	34	16.7	836	20	23	80	NA
27. 5. 17	18:25	EXWI	1	A	NA	619029	242145	23	34	18.3	837	20	24	90	NA
28. 5. 17	17:30	EXWE	1	A	NA	609502	234432	21	32	3	502	70	40	100	4.5.1
28. 5. 17	18:00	EXWE	1	A	NA	609442	234437	21	32	17.7	714	70	42	100	4.5.1
28. 5. 17	18:20	EXWE	1	A	NA	609396	234379	22	32	12.4	728	70	38	100	4.5.1
28. 5. 17	18:40	EXWE	1	A	NA	609456	234350	22	32	7	713	60	33	100	4.5.1
28. 5. 17	11:10	TRWI	1	A	NA	623786	242944	32	32	35	774	10	24	85	4.2.4
28. 5. 17	11:40	TRWI	1	A	NA	623741	242963	35	32	40.5	783	10	22	80	4.2.4
28. 5. 17	12:30	TRWI	1	A	NA	623691	242973	40	34	15.6	786	10	25	80	4.2.4
28. 5. 17	12:55	TRWI	1	A	NA	623742	242990	38	32	29.7	790	10	28	85	4.2.4
28. 5. 17	08:10	TRWI	1	A	NA	623108	242657	32	28	23.5	698	0	13	70	4.2.4
28. 5. 17	08:35	TRWI	1	A	NA	623075	242621	26	28	35.4	690	0	16	60	4.2.4

ZHAW Departement N. BA, Henseler, D.

28. 5. 17	09:00	TRWI	1	A	NA	623022	242572	29	28	33.7	681	0	16	75	4.2.4
28. 5. 17	09:35	TRWI	1	B	Weide	623052	242586	33	28	31.6	681	0	11	70	4.2.4
03. 6. 17	10:10	TRWI	1	A	NA	620860	238051	22	0	0	514	30	15	90	4.2.4
03. 6. 17	10:30	TRWI	1	A	NA	620856	238016	25	0	0	513	5	21	90	4.2.4
03. 6. 17	10:55	TRWI	1	A	NA	620850	238002	26	0	0	511	5	12	60	4.2.4
03. 6. 17	11:20	TRWI	1	A	NA	620818	238023	29	0	0	510	0	14	60	4.2.4
03. 6. 17	12:35	EXWE	1	B	Krautsaum und Gehölzrand	620864	238387	31	32	19.7	566	5	10	90	4.5.1
03. 6. 17	13:00	EXWE	1	B	Gehölzrand	620910	238409	46	32	26.2	571	5	7	40	4.5.1
03. 6. 17	13:20	EXWE	1	B	Krautsaum und Gehölzrand	620976	238441	40	32	59.6	581	20	10	50	4.5.1
03. 6. 17	13:45	EXWE	1	B	verholzt	620995	238485	36	32	54.5	594	20	10	60	4.5.1
03. 6. 17	15:00	EXWI	1	A	NA	621373	238261	27	32	14.3	557	50	30	80	4.5.1
03. 6. 17	15:25	EXWI	1	A	NA	621323	238294	40	32	33.3	561	50	13	70	4.2.4
03. 6. 17	16:10	EXWI	1	A	NA	621304	238308	26	32	14.6	561	80	30	85	4.5.1
03. 6. 17	16:35	EXWI	1	A	NA	621277	238324	35	32	29.3	563	80	45	90	4.5.1
04. 6. 17	14:25	EXWI	2	A	NA	611600	240055	20	16	1.2	730	50	25	90	4.5.1
04. 6. 17	14:50	EXWI	2	A	NA	611615	240077	25	0	0	730	50	26	95	4.5.1
04. 6. 17	15:10	EXWI	2	A	NA	611636	240065	24	0	0	730	60	26	95	4.5.1
04. 6. 17	15:30	EXWI	2	A	NA	611668	240087	21	0	0	730	60	28	85	4.5.1
04. 6. 17	12:30	TRWE	1	A	NA	611662	239235	22	30	12.9	649	90	3	90	4.2.4
04. 6. 17	12:45	TRWE	1	A	NA	611625	239266	24	30	21.5	655	90	6	90	4.2.4
04. 6. 17	13:05	TRWE	1	A	NA	611557	239297	25	30	12.3	669	80	4	80	4.2.4
04. 6. 17	13:25	TRWE	1	A	NA	611537	239382	30	30	13.2	683	60	7	90	4.2.4
04. 6. 17	16:20	EXWE	1	A	NA	611873	239623	26	24	21.1	621	80	23	90	4.5.3
04. 6. 17	16:40	EXWE	1	A	NA	611765	239743	18	24	19.2	647	90	43	100	4.5.3
04. 6. 17	17:00	EXWE	1	A	NA	611800	239816	16	0	0	656	100	23	100	4.5.3
04. 6. 17	17:40	EXWE	1	A	NA	611686	239679	17	20	17.9	651	100	40	100	4.5.3
04. 6. 17	09:10	TRWE	1	A	NA	609280	238029	12	28	47.3	1010	100	5	80	4.2.4
04. 6. 17	10:00	TRWE	1	A	NA	609343	238061	15	28	36.5	1005	100	7	90	4.2.4
04. 6. 17	10:25	TRWE	1	A	NA	609337	238103	19	28	43.3	1034	90	5	80	4.2.4
04. 6. 17	10:55	TRWE	1	A	NA	609241	238078	24	28	38.6	1037	70	7	85	4.2.4



ZHAW Departement N. BA, Henseler, D.

07. 6. 17	09:50	EXWE	1	A	NA	605332	237040	10	0	0	868	95	3	80	4.5.3
07. 6. 17	10:15	EXWE	1	A	NA	605314	236998	19	0	0	865	60	15	90	4.5.3
07. 6. 17	10:40	EXWE	1	B	Gehölzrand	605360	236968	11	22	29.2	858	60	3	70	4.2.4
07. 6. 17	11:00	EXWE	1	A	NA	605402	236912	12	0	0	845	70	9	90	4.5.3
07. 6. 17	17:15	TRWI	1	A	NA	603642	236940	15	24	13.7	1208	80	11	90	4.2.4
07. 6. 17	17:35	TRWI	1	A	NA	603616	236846	16	0	0	1198	80	10	95	4.2.4
07. 6. 17	18:15	TRWI	1	A	NA	603709	236910	17	32	15.7	1208	80	11	95	4.2.4
07. 6. 17	18:35	TRWI	1	A	NA	603701	236934	12	0	0	1210	60	12	95	4.2.4
08. 6. 17	15:25	EXWI	2	A	NA	599092	229460	25	28	13	644	0	38	90	4.5.1
08. 6. 17	15:45	EXWI	2	A	NA	599063	229404	28	28	25.2	636	0	35	70	4.5.1
08. 6. 17	16:15	EXWI	2	A	NA	598873	229384	35	36	12.5	643	0	37	80	4.5.1
08. 6. 17	16:35	EXWI	2	A	NA	598826	229320	27	32	16.4	632	0	17	75	4.2.4
08. 6. 17	10:20	TRWI	2	A	NA	598574	229070	18	32	11.2	611	10	17	80	4.2.4
08. 6. 17	09:55	TRWI	2	A	NA	598591	229096	22	32	18.8	614	10	14	80	4.2.4
08. 6. 17	10:45	TRWI	2	A	NA	598539	229160	17	32	14.7	625	10	38	90	4.2.4
08. 6. 17	11:05	TRWI	2	A	NA	598582	229229	30	32	30.9	635	15	25	80	4.2.4
08. 6. 17	18:20	EXWI	2	A	NA	610128	232704	20	0	0	509	0	45	95	4.5.1
08. 6. 17	18:45	EXWI	2	A	NA	610265	232734	19	0	0	510	0	35	95	4.5.1
08. 6. 17	19:05	EXWI	2	A	NA	610283	232704	18	0	0	509	0	41	90	4.5.1
08. 6. 17	19:30	EXWI	2	A	NA	610349	232766	18	0	0	509	0	40	90	4.5.1
08. 6. 17	13:50	TRWE	1	A	NA	599351	231171	32	28	31.5	1106	0	14	80	4.2.4
08. 6. 17	13:25	TRWE	1	A	NA	599329	231101	24	28	53.3	1085	0	12	85	4.2.4
08. 6. 17	12:55	TRWE	1	A	NA	599205	231027	25	30	47.5	1052	0	13	80	4.2.4
08. 6. 17	12:30	TRWE	1	A	NA	599081	230970	15	30	33.9	1020	0	15	70	4.2.4
08. 6. 17	06:10	TRWE	1	A	NA	603724	237024	6	60	28.8	1199	0	9	90	4.2.4
08. 6. 17	06:30	TRWE	1	A	NA	603715	237020	6	60	23.9	1202	0	11	90	4.2.4
08. 6. 17	07:10	TRWE	1	A	NA	603732	236987	5	44	23.5	1212	0	13	80	4.2.4
08. 6. 17	07:30	TRWE	1	A	NA	603719	237003	6	60	32	1206	0	11	90	4.2.4
09. 6. 17	17:20	TRWI	2	A	NA	623786	242944	24	32	35	774	70	25	85	4.2.4
09. 6. 17	17:00	TRWI	2	A	NA	624741	242963	24	32	40.5	783	60	22	80	4.2.4
09. 6. 17	16:15	TRWI	2	A	NA	623691	242973	25	34	15.6	786	60	24	80	4.2.4

ZHAW Departement N. BA, Henseler, D.

09. 6. 17	16:35	TRWI	2	A	NA	623742	242990	24	32	29.7	790	60	26	85	4.2.4
09. 6. 17	13:40	TRWI	2	A	NA	623108	242657	30	28	23.5	698	95	12	70	4.2.4
09. 6. 17	14:05	TRWI	2	A	NA	623075	242621	24	28	35.4	690	100	15	65	4.2.4
09. 6. 17	14:20	TRWI	2	A	NA	623022	242572	22	28	33.7	681	100	16	70	4.2.4
09. 6. 17	14:45	TRWI	2	B	Weide	623052	242586	22	28	31.6	681	100	21	70	4.2.4
09. 6. 17	10:40	TRWI	2	A	NA	618575	242887	19	44	20.5	920	100	14	90	4.2.4
09. 6. 17	11:00	TRWI	2	A	NA	618611	242889	18	44	18.1	926	100	19	75	4.2.4
09. 6. 17	11:25	TRWI	2	A	NA	618657	242857	19	32	48.9	935	100	16	90	4.2.4
09. 6. 17	11:40	TRWI	2	A	NA	618632	242834	19	32	19.4	926	100	11	90	4.2.4
09. 6. 17	07:40	EXWI	2	A	NA	618860	242251	13	32	11.9	839	30	38	90	4.5.1
09. 6. 17	08:10	EXWI	2	B	verholzt	618919	242242	17	20	24.2	836	30	32	90	4.5.1
09. 6. 17	08:35	EXWI	2	A	NA	618994	242175	16	34	16.7	836	80	25	80	NA
09. 6. 17	09:00	EXWI	2	A	NA	619029	242145	17	34	18.3	837	70	25	90	NA
10. 6. 17	07:40	TRWI	2	A	NA	620860	238051	16	0	0	514	100	16	90	4.2.4
10. 6. 17	08:05	TRWI	2	A	NA	620856	238016	16	0	0	513	70	18	90	4.2.4
10. 6. 17	08:30	TRWI	2	A	NA	620850	238002	21	0	0	511	100	15	60	4.2.4
10. 6. 17	08:55	TRWI	2	A	NA	620818	238023	19	0	0	510	100	24	60	4.2.4
10. 6. 17	09:30	EXWI	2	A	NA	621373	238261	21	32	14.3	557	90	30	80	4.5.1
10. 6. 17	09:50	EXWI	2	A	NA	621323	238294	24	32	33.3	561	90	14	70	4.2.4
10. 6. 17	10:10	EXWI	2	A	NA	621304	238308	22	32	14.6	561	90	28	85	4.5.1
10. 6. 17	10:35	EXWI	2	A	NA	621277	238324	24	32	29.3	563	90	45	90	4.5.1

Tabelle Rohdaten Ameisenhügel in den Plots (Teildatensatz Ameisen). Die relative Nestgrösse wird in cm<sup>3</sup> angegeben.

ID Plot	Grünlandtyp	Lebensraum	Durchgang	Parzelle	ID Hügel	Ameisen vorhanden	Nestanzahl	Ameisenstadium	Rel. Nestgrösse	Bemerkung
1	EXWI	4.5.1	1	Fluhmatt	1	ja	2	Imago	4930	
1	EXWI	4.5.1	1	Fluhmatt	2	ja	2	Imago	1496	
1	EXWI	4.5.1	2	Fluhmatt	131	ja	3	Larven; Imago	3920	
1	EXWI	4.5.1	2	Fluhmatt	130	ja	3	Larven; Imago	756	
1	EXWI	4.5.1	2	Fluhmatt	129	ja	3	Larven; Imago	660	
2	EXWI	4.5.1	1	Fluhmatt	3	ja	4	Larven; Imago	2000	

ZHAW Departement N. BA, Henseler, D.

2	EXWI	4.5.1	1	Fluhmatt	4	ja	4	Larven; Imago	1280	
2	EXWI	4.5.1	1	Fluhmatt	5	ja	4	Larven; Imago	900	
2	EXWI	4.5.1	1	Fluhmatt	6	ja	4	Larven; Imago	702	
2	EXWI	4.5.1	2	Fluhmatt	132	ja	3	Imago	2112	
2	EXWI	4.5.1	2	Fluhmatt	133	ja	3	Larven; Imago	352	
2	EXWI	4.5.1	2	Fluhmatt	134	ja	3	Larven; Imago	125	
3	EXWI	4.5.1	1	Fluhmatt	8	ja	3	Imago	650	
3	EXWI	4.5.1	1	Fluhmatt	7	ja	3	Imago	441	
3	EXWI	4.5.1	1	Fluhmatt	9	ja	3	Imago	216	
3	EXWI	4.5.1	2	Fluhmatt	136	ja	2	Larven; Imago	910	
3	EXWI	4.5.1	2	Fluhmatt	135	ja	2	Imago	704	
4	EXWI	4.5.1	1	Fluhmatt	10	ja	1	Imago	NA	unterirdisch
4	EXWI	4.5.1	2	Fluhmatt	138	ja	3	Larven; Imago	180	
4	EXWI	4.5.1	2	Fluhmatt	139	ja	3	Imago	180	
4	EXWI	4.5.1	2	Fluhmatt	137	ja	3	Imago	168	
5	EXWE	4.5.1	1	Bet_Wannenrain	11	ja	4	Imago	336	
5	EXWE	4.5.1	1	Bet_Wannenrain	14	ja	4	Imago	60	
5	EXWE	4.5.1	1	Bet_Wannenrain	12	ja	4	Imago	9	
5	EXWE	4.5.1	1	Bet_Wannenrain	13	ja	4	Imago	9	
6	EXWE	4.5.1	1	Bet_Wannenrain	15	ja	4	Imago	324	
6	EXWE	4.5.1	1	Bet_Wannenrain	18	ja	4	Larven; Imago	294	
6	EXWE	4.5.1	1	Bet_Wannenrain	17	ja	4	Larven; Imago	60	
6	EXWE	4.5.1	1	Bet_Wannenrain	16	ja	4	Imago	24	
7	EXWE	4.5.1	1	Bet_Wannenrain	19	ja	1	Larven; Imago	36	
8	EXWE	4.5.1	1	Bet_Wannenrain	21	ja	2	Larven; Imago	NA	unterirdisch
8	EXWE	4.5.1	1	Bet_Wannenrain	20	ja	2	Larven; Imago	840	
9	EXWI	4.5.1	1	Bet_Allmend	25	ja	5	Larven; Imago	NA	unterirdisch
9	EXWI	4.5.1	1	Bet_Allmend	26	ja	5	Larven; Imago	1680	
9	EXWI	4.5.1	1	Bet_Allmend	23	ja	5	Larven; Imago	243	
9	EXWI	4.5.1	1	Bet_Allmend	24	ja	5	Larven; Imago	126	
9	EXWI	4.5.1	1	Bet_Allmend	22	ja	5	Larven; Imago	9	

ZHAW Departement N. BA, Henseler, D.

9	EXWI	4.5.1	2	Bet_Allmend	70	ja	3	Imago	NA	unterirdisch
9	EXWI	4.5.1	2	Bet_Allmend	68	ja	3	Larven; Imago	480	
9	EXWI	4.5.1	2	Bet_Allmend	69	ja	3	Larven; Imago	297	
10	EXWI	4.5.1	1	Bet_Allmend	27	ja	0	NA	0	
10	EXWI	4.5.1	2	Bet_Allmend	71	ja	0	NA	0	
11	EXWI	4.5.1	1	Bet_Allmend	33	ja	8	Larven; Imago	NA	unterirdisch
11	EXWI	4.5.1	1	Bet_Allmend	34	ja	8	Larven; Imago	NA	unterirdisch
11	EXWI	4.5.1	1	Bet_Allmend	35	ja	8	Larven; Imago	720	alter Maushügel
11	EXWI	4.5.1	1	Bet_Allmend	28	ja	8	Larven; Imago	588	kleine rote Ameisen
11	EXWI	4.5.1	1	Bet_Allmend	30	ja	8	Larven; Imago	576	
11	EXWI	4.5.1	1	Bet_Allmend	29	ja	8	Larven; Imago	245	
11	EXWI	4.5.1	1	Bet_Allmend	31	ja	8	Larven; Imago	162	
11	EXWI	4.5.1	1	Bet_Allmend	32	ja	8	Larven; Imago	100	
11	EXWI	4.5.1	2	Bet_Allmend	72	ja	6	Imago	1638	
11	EXWI	4.5.1	2	Bet_Allmend	76	ja	6	Larven; Imago	960	
11	EXWI	4.5.1	2	Bet_Allmend	74	ja	6	Imago	576	
11	EXWI	4.5.1	2	Bet_Allmend	75	ja	6	Imago	560	
11	EXWI	4.5.1	2	Bet_Allmend	77	ja	6	Imago	324	
11	EXWI	4.5.1	2	Bet_Allmend	73	ja	6	unterirdisch	0	Maushügel
12	EXWI	4.2.4	1	Bet_Allmend	36	ja	2	Imago	NA	unterirdisch; kleine rote Ameisen
12	EXWI	4.2.4	1	Bet_Allmend	37	ja	2	Imago	220	
12	EXWI	4.2.4	2	Bet_Allmend	79	ja	2	Imago	468	
12	EXWI	4.2.4	2	Bet_Allmend	78	ja	2	Imago	286	
17	TRWI	4.2.4	1	Bettlach	45	ja	1	Larven; Imago	1248	
17	TRWI	4.2.4	2	Bettlach	90	ja	2	Larven; Imago	1764	
17	TRWI	4.2.4	2	Bettlach	89	ja	2	Larven; Imago	48	
18	TRWI	4.2.4	1	Bettlach	46	ja	1	Imago	NA	unterirdisch
18	TRWI	4.2.4	2	Bettlach	88	ja	0	NA	0	
19	TRWI	4.2.4	1	Bettlach	47	ja	1	Larven; Imago	72	
19	TRWI	4.2.4	2	Bettlach	91	ja	2	Larven; Imago	144	
19	TRWI	4.2.4	2	Bettlach	92	ja	2	Larven; Imago	100	

ZHAW Departement N. BA, Henseler, D.

20	TRWI	4.2.4	1	Bettlach	50	ja	3	Larven; Imago	1380	
20	TRWI	4.2.4	1	Bettlach	49	ja	3	Larven; Imago	160	
20	TRWI	4.2.4	1	Bettlach	48	ja	3	Larven; Imago	25	
20	TRWI	4.2.4	2	Bettlach	95	ja	5	Larven; Imago	NA	unterirdisch
20	TRWI	4.2.4	2	Bettlach	96	ja	5	Larven; Imago	NA	unterirdisch
20	TRWI	4.2.4	2	Bettlach	97	ja	5	Larven; Imago	2700	
20	TRWI	4.2.4	2	Bettlach	93	ja	5	Larven; Imago	144	
20	TRWI	4.2.4	2	Bettlach	94	ja	5	Larven; Imago	60	
21	EXWI	4.5.1	1	Nie_Hofmatt	52	ja	2	Larven; Imago	1584	
21	EXWI	4.5.1	1	Nie_Hofmatt	51	ja	2	Larven; Imago	1	
22	EXWI	4.5.1	1	Nie_Hofmatt	53	ja	2	Imago	7200	
22	EXWI	4.5.1	1	Nie_Hofmatt	54	ja	2	Imago	936	
23	EXWI	4.5.1	1	Nie_Hofmatt	55	ja	1	Imago	100	
24	EXWI	4.5.1	1	Nie_Hofmatt	56	ja	0	NA	0	
25	EXWI	4.5.1	1	Niederwil	57	ja	0	NA	0	
25	EXWI	4.5.1	2	Niederwil	115	ja	2	Imago	3724	
25	EXWI	4.5.1	2	Niederwil	114	ja	2	Imago	686	
26	EXWI	4.5.1	1	Niederwil	58	ja	0	NA	0	
26	EXWI	4.5.1	2	Niederwil	116	ja	1	Imago	1248	
27	EXWI	4.5.1	1	Niederwil	60	ja	2	Larven; Imago	NA	unterirdisch
27	EXWI	4.5.1	1	Niederwil	59	ja	2	Larven; Imago	858	
27	EXWI	4.5.1	2	Niederwil	117	nein	0	NA	0	
28	EXWI	4.5.1	1	Niederwil	61	ja	1	Imago	504	
28	EXWI	4.5.1	2	Niederwil	118	ja	3	Imago	5400	
28	EXWI	4.5.1	2	Niederwil	120	ja	3	Imago	1040	
28	EXWI	4.5.1	2	Niederwil	119	ja	3	Imago	196	
29	EXWE	4.5.1	1	Günsberg	62	nein	0	NA	0	
30	EXWE	4.5.1	1	Günsberg	63	nein	0	NA	0	
31	EXWE	4.5.1	1	Günsberg	65	ja	2	Imago	7820	
31	EXWE	4.5.1	1	Günsberg	64	ja	2	Imago	900	
32	EXWE	4.5.1	1	Günsberg	66	ja	2	Imago	5500	

ZHAW Departement N. BA, Henseler, D.

32	EXWE	4.5.1	1	Günsberg	67	ja	2	Imago	3496	
37	TRWE	4.2.4	1	Unteres Bruggli	82	ja	4	Larven; Imago	NA	unterirdisch
37	TRWE	4.2.4	1	Unteres Bruggli	83	ja	4	Larven; Imago	NA	unterirdisch
37	TRWE	4.2.4	1	Unteres Bruggli	80	ja	4	Imago	93000	Nest mit Thymus überwachsen
37	TRWE	4.2.4	1	Unteres Bruggli	81	ja	4	Larven; Imago	1140	alter Kuhfladen
38	TRWE	4.2.4	1	Unteres Bruggli	84	ja	2	Larven; Imago	29040	Nest mit Thymus überwachsen
38	TRWE	4.2.4	1	Unteres Bruggli	85	ja	2	Larven; Imago	24255	Nest mit Thymus überwachsen
39	TRWE	4.2.4	1	Unteres Bruggli	86	ja	1	Larven; Imago	45600	Nest mit Thymus überwachsen
40	TRWE	4.2.4	1	Unteres Bruggli	87	ja	0	NA	0	
45	EXWE	4.5.3	1	Malsen	98	ja	0	NA	0	
46	EXWE	4.5.3	1	Malsen	99	ja	0	NA	0	
47	EXWE	4.2.4	1	Malsen	100	ja	0	NA	0	
48	EXWE	4.5.3	1	Malsen	101	ja	1	Imago	NA	unterirdisch
53	TRWE	4.2.4	1	Malb_Weid	106	ja	1	Imago	216	
54	TRWE	4.2.4	1	Malb_Weid	107	nein	0	NA	0	
55	TRWE	4.2.4	1	Malb_Weid	108	ja	0	NA	0	
56	TRWE	4.2.4	1	Malb_Weid	109	nein	0	NA	0	
57	TRWI	4.2.4	1	Malsenberg	110	nein	0	NA	0	
58	TRWI	4.2.4	1	Malsenberg	111	nein	0	NA	0	
59	TRWI	4.2.4	1	Malsenberg	112	nein	0	NA	0	
60	TRWI	4.2.4	1	Malsenberg	113	nein	0	NA	0	
65	TRWE	4.2.4	1	Herbetswil	121	ja	2	Larven; Imago	11664	
65	TRWE	4.2.4	1	Herbetswil	122	ja	2	Larven; Imago	2310	
66	TRWE	4.2.4	1	Herbetswil	123	ja	0	NA	0	
67	TRWE	4.2.4	1	Herbetswil	126	ja	3	Imago	NA	unterirdisch
67	TRWE	4.2.4	1	Herbetswil	124	ja	3	Imago	128	
67	TRWE	4.2.4	1	Herbetswil	125	ja	3	Imago	105	
68	TRWE	4.2.4	1	Herbetswil	128	ja	2	Imago	NA	unterirdisch
68	TRWE	4.2.4	1	Herbetswil	127	ja	2	Imago	21758	
73	EXWE	4.5.3	1	Aedermannsdorf	140	nein	0	NA	0	
74	EXWE	4.5.3	1	Aedermannsdorf	141	nein	0	NA	0	

ZHAW Departement N. BA, Henseler, D.

75	EXWE	4.5.3	1	Aedermannsdorf	142	nein	0	NA	0	
76	EXWE	4.5.3	1	Aedermannsdorf	143	ja	1	Larven; Imago	336	
77	TRWE	4.2.4	1	Brandenberg	144	ja	1	Imago	630	
78	TRWE	4.2.4	1	Brandenberg	145	ja	1	Larven; Imago	126	
79	TRWE	4.2.4	1	Brandenberg	146	nein	0	NA	0	
80	TRWE	4.2.4	1	Brandenberg	147	ja	1	Imago	47520	Waldameisen
81	TRWI	4.2.4	1	Hol_Almend	148	ja	1	Imago	432	
81	TRWI	4.2.4	2	Hol_Almend	162	ja	1	Larven; Imago	440	
82	TRWI	4.2.4	1	Hol_Almend	149	ja	0	NA	0	
82	TRWI	4.2.4	2	Hol_Almend	161	ja	0	NA	0	
83	TRWI	4.2.4	1	Hol_Almend	150	ja	2	Imago	1500	
83	TRWI	4.2.4	1	Hol_Almend	151	ja	2	Imago	729	
83	TRWI	4.2.4	2	Hol_Almend	159	ja	2	Larven; Imago	960	
83	TRWI	4.2.4	2	Hol_Almend	158	ja	2	Larven; Imago	90	
84	TRWI	4.2.4	1	Hol_Almend	153	ja	2	Imago	343	
84	TRWI	4.2.4	1	Hol_Almend	152	ja	2	Larven; Imago	70	
84	TRWI	4.2.4	2	Hol_Almend	160	ja	1	Imago	336	
93	TRWI	4.2.4	1	Hol_Gassenacker	163	ja	0	NA	0	
93	TRWI	4.2.4	2	Hol_Gassenacker	169	ja	1	Larven; Imago	NA	unterirdisch; kleine rote Ameisen
94	TRWI	4.2.4	1	Hol_Gassenacker	164	ja	0	NA	0	
94	TRWI	4.2.4	2	Hol_Gassenacker	170	ja	2	Larven; Imago	NA	unterirdisch
94	TRWI	4.2.4	2	Hol_Gassenacker	171	ja	2	Larven; Imago	NA	unterirdisch
95	TRWI	4.2.4	1	Hol_Gassenacker	166	ja	2	Larven; Imago	NA	unterirdisch
95	TRWI	4.2.4	1	Hol_Gassenacker	165	ja	2	Imago	4080	
95	TRWI	4.2.4	2	Hol_Gassenacker	172	ja	1	Larven; Imago	4080	
96	TRWI	4.2.4	1	Hol_Gassenacker	167	ja	2	Larven; Imago	NA	unterirdisch
96	TRWI	4.2.4	1	Hol_Gassenacker	168	ja	2	Larven; Imago	NA	unterirdisch; kleine rote Ameisen
96	TRWI	4.2.4	2	Hol_Gassenacker	173	ja	2	Larven; Imago	NA	unterirdisch
96	TRWI	4.2.4	2	Hol_Gassenacker	174	ja	2	Larven; Imago	NA	unterirdisch
101	TRWI	4.2.4	1	Bal_Hoechmatt	175	nein	0	NA	0	
101	TRWI	4.2.4	2	Bal_Hoechmatt	179	ja	1	Larven; Imago	125	

ZHAW Departement N. BA, Henseler, D.

102	TRWI	4.2.4	1	Bal_Hoechmatt	176	ja	1	Imago	27	
102	TRWI	4.2.4	2	Bal_Hoechmatt	180	ja	0	NA	0	
103	TRWI	4.2.4	1	Bal_Hoechmatt	177	ja	1	Imago	15	kleine rote Ameisen
103	TRWI	4.2.4	2	Bal_Hoechmatt	181	ja	1	Imago	NA	unterirdisch
104	TRWI	4.2.4	1	Bal_Hoechmatt	178	ja	0	NA	0	
104	TRWI	4.2.4	2	Bal_Hoechmatt	182	nein	0	NA	0	
109	TRWE	4.2.4	1	Balsthal	183	ja	1	Imago	NA	unterirdisch
110	TRWE	4.2.4	1	Balsthal	184	ja	1	Imago	450	ausgetrockneter Kuhfladen
111	TRWE	4.2.4	1	Balsthal	187	ja	3	Imago	540	
111	TRWE	4.2.4	1	Balsthal	185	ja	3	Imago	504	
111	TRWE	4.2.4	1	Balsthal	186	ja	3	Imago	360	
112	TRWE	4.2.4	1	Balsthal	188	nein	0	NA	0	
113	EXWE	4.5.1	1	Bal_Oberbergweid	189	ja	0	NA	0	
114	EXWE	4.5.1	1	Bal_Oberbergweid	190	nein	0	NA	0	
115	EXWE	4.5.1	1	Bal_Oberbergweid	191	ja	0	NA	0	
116	EXWE	4.5.1	1	Bal_Oberbergweid	192	ja	1	Imago	NA	unterirdisch
117	EXWI	4.5.1	1	Bal_Oberberg	193	ja	1	Imago	616	
117	EXWI	4.5.1	2	Bal_Oberberg	199	ja	3	Larven; Imago	980	
117	EXWI	4.5.1	2	Bal_Oberberg	197	ja	3	Imago	768	
117	EXWI	4.5.1	2	Bal_Oberberg	198	ja	3	Imago	32	
118	EXWI	4.5.1	1	Bal_Oberberg	194	ja	0	NA	0	
118	EXWI	4.5.1	2	Bal_Oberberg	200	nein	0	NA	0	
119	EXWI	NA	1	Bal_Oberberg	195	ja	0	NA	0	
119	EXWI	NA	2	Bal_Oberberg	201	ja	2	Imago	240	
119	EXWI	NA	2	Bal_Oberberg	202	ja	2	Imago	24	
120	EXWI	NA	1	Bal_Oberberg	196	ja	1	Larven; Imago	990	
120	EXWI	NA	2	Bal_Oberberg	204	ja	2	Larven; Imago	3575	
120	EXWI	NA	2	Bal_Oberberg	203	ja	2	Larven; Imago	3100	
125	TRWE	4.2.4	1	Passwang	205	ja	1	Imago	288	
126	TRWE	4.2.4	1	Passwang	207	ja	4	Imago	34992	in Grasbülden
126	TRWE	4.2.4	1	Passwang	206	ja	4	Imago	19800	in Grasbülden



ZHAW Departement N. BA, Henseler, D.

126	TRWE	4.2.4	1	Passwang	208	ja	4	Imago	3564	in Grasbülden
126	TRWE	4.2.4	1	Passwang	209	ja	4	Imago	32	in Grasbülden
127	TRWE	4.2.4	1	Passwang	210	ja	2	Imago	5824	
127	TRWE	4.2.4	1	Passwang	211	ja	2	Imago	3450	
128	TRWE	4.2.4	1	Passwang	212	ja	0	NA	0	
129	TRWI	4.2.4	1	Oensingen	213	ja	1	Imago	98	kleine rote Ameisen
129	TRWI	4.2.4	2	Oensingen	235	ja	1	NA	252	ohne Ameisen!
130	TRWI	4.2.4	1	Oensingen	214	ja	0	NA	0	
130	TRWI	4.2.4	2	Oensingen	237	ja	2	Imago	NA	unterirdisch
130	TRWI	4.2.4	2	Oensingen	236	ja	2	Larven; Imago	50	
131	TRWI	4.2.4	1	Oensingen	215	ja	0	NA	0	
131	TRWI	4.2.4	2	Oensingen	238	ja	0	NA	0	
132	TRWI	4.2.4	1	Oensingen	216	ja	0	NA	0	
132	TRWI	4.2.4	2	Oensingen	239	ja	3	Imago	NA	unterirdisch
132	TRWI	4.2.4	2	Oensingen	240	ja	3	Imago	NA	unterirdisch
132	TRWI	4.2.4	2	Oensingen	241	ja	3	Larven; Imago	90	
133	EXWE	4.5.1	1	Oen_Braente	217	ja	0	NA	0	
134	EXWE	4.5.1	1	Oen_Braente	218	ja	1	Imago	NA	unterirdisch
135	EXWE	4.5.1	1	Oen_Braente	219	ja	0	NA	0	
136	EXWE	4.5.1	1	Oen_Braente	221	ja	3	Imago	NA	unterirdisch
136	EXWE	4.5.1	1	Oen_Braente	222	ja	3	Imago	NA	unterirdisch
136	EXWE	4.5.1	1	Oen_Braente	220	ja	3	Imago	2520	
137	EXWI	4.5.1	1	Oen_Horn	227	ja	5	Imago	1890	
137	EXWI	4.5.1	1	Oen_Horn	225	ja	5	Imago	960	
137	EXWI	4.5.1	1	Oen_Horn	223	ja	5	Imago	847	
137	EXWI	4.5.1	1	Oen_Horn	224	ja	5	Imago	845	
137	EXWI	4.5.1	1	Oen_Horn	226	ja	5	Imago	48	
137	EXWI	4.5.1	2	Oen_Horn	242	ja	4	Imago	2310	
137	EXWI	4.5.1	2	Oen_Horn	244	ja	4	Imago	1960	
137	EXWI	4.5.1	2	Oen_Horn	245	ja	4	Imago	1296	
137	EXWI	4.5.1	2	Oen_Horn	243	ja	4	Imago	952	

138	EXWI	4.2.4	1	Oen_Horn	228	ja	1	Imago	396	
138	EXWI	4.2.4	2	Oen_Horn	248	ja	4	Larven; Imago	1144	
138	EXWI	4.2.4	2	Oen_Horn	247	ja	4	Larven; Imago	748	
138	EXWI	4.2.4	2	Oen_Horn	249	ja	4	Imago	252	
138	EXWI	4.2.4	2	Oen_Horn	246	ja	4	Larven; Imago	70	
139	EXWI	4.5.1	1	Oen_Horn	229	ja	1	Imago	NA	unterirdisch
139	EXWI	4.5.1	2	Oen_Horn	250	ja	1	Imago	140	
140	EXWI	4.5.1	1	Oen_Horn	234	ja	5	Imago	5130	
140	EXWI	4.5.1	1	Oen_Horn	233	ja	5	Imago	2366	
140	EXWI	4.5.1	1	Oen_Horn	231	ja	5	Imago	360	
140	EXWI	4.5.1	1	Oen_Horn	232	ja	5	Imago	300	
140	EXWI	4.5.1	1	Oen_Horn	230	ja	5	Imago	288	kleine rote Ameisen
140	EXWI	4.5.1	2	Oen_Horn	251	ja	4	Imago	NA	unterirdisch
140	EXWI	4.5.1	2	Oen_Horn	254	ja	4	Larven; Imago	6120	
140	EXWI	4.5.1	2	Oen_Horn	252	ja	4	Larven; Imago	3648	
140	EXWI	4.5.1	2	Oen_Horn	253	ja	4	Imago	720	

Tabelle Rohdaten Transektvariablen (Teildatensatz Ameisen). Die Ausrichtung wird in Azimut und die relative Nestgrösse in cm<sup>3</sup> angegeben.

ID Hügel	Grünlandtyp	Parzelle	X-Koord	Y-Koord	Ausrichtung	Nestanzahl	Rel. Nestgrösse	Bemerkung
12	TRWI	Bettlach	598606	229107	12	0	0	3 potentielle Nester, ohne sichtbare Ameisen
8	EXWI	Bet_Allmend	598828	229322	60	0	0	
30	TRWE	Unteres Brüggli	599321	230999	42	9	94500	am Wanderweg
31	TRWE	Unteres Brüggli	599321	230999	42	9	11700	am Wanderweg
32	TRWE	Unteres Brüggli	599321	230999	42	9	18720	am Wanderweg
33	TRWE	Unteres Brüggli	599321	230999	42	9	45000	am Wanderweg
34	TRWE	Unteres Brüggli	599321	230999	42	9	61500	am Wanderweg
35	TRWE	Unteres Brüggli	599321	230999	42	9	40176	am Wanderweg
36	TRWE	Unteres Brüggli	599321	230999	42	9	26600	am Wanderweg
37	TRWE	Unteres Brüggli	599321	230999	42	9	14105	am Wanderweg
38	TRWE	Unteres Brüggli	599321	230999	42	9	26565	am Wanderweg

ZHAW Departement N. BA, Henseler, D.

6	EXWE	Bet_Wannenrain	599911	229137	16	2	5332	
7	EXWE	Bet_Wannenrain	599911	229137	16	2	2375	
46	TRWE	Malb_Weid	603735	236990	16	2	3888	
47	TRWE	Malb_Weid	603735	236990	16	2	25200	Waldameisentyp
48	TRWI	Malsenberg	603959	236864	34	0	0	
39	EXWE	Malsen	605335	236988	60	6	9044	
40	EXWE	Malsen	605335	236988	60	6	12880	
41	EXWE	Malsen	605335	236988	60	6	2128	
42	EXWE	Malsen	605335	236988	60	6	2622	
43	EXWE	Malsen	605335	236988	60	6	10440	
44	EXWE	Malsen	605335	236988	60	6	952	
65	TRWE	Brandenberg	609251	238081	45	2	16800	Alter Baumstrunk; Waldameisentyp
66	TRWE	Brandenberg	609251	238081	45	2	7245	Waldameisentyp
22	EXWE	Günsberg	609446	234412	32	8	4200	durch Schafe beweidet?
23	EXWE	Günsberg	609446	234412	32	8	4140	durch Schafe beweidet?
24	EXWE	Günsberg	609446	234412	32	8	3388	durch Schafe beweidet?
25	EXWE	Günsberg	609446	234412	32	8	4968	durch Schafe beweidet?
26	EXWE	Günsberg	609446	234412	32	8	3808	durch Schafe beweidet?
27	EXWE	Günsberg	609446	234412	32	8	7224	durch Schafe beweidet?
28	EXWE	Günsberg	609446	234412	32	8	4840	durch Schafe beweidet?
29	EXWE	Günsberg	609446	234412	32	8	2400	durch Schafe beweidet?
13	EXWI	Nie_Hofmatt	610090	233071	32	7	1260	
14	EXWI	Nie_Hofmatt	610090	233071	32	7	4914	
15	EXWI	Nie_Hofmatt	610090	233071	32	7	7540	
16	EXWI	Nie_Hofmatt	610090	233071	32	7	2028	
17	EXWI	Nie_Hofmatt	610090	233071	32	7	5304	
18	EXWI	Nie_Hofmatt	610090	233071	32	7	4680	
19	EXWI	Nie_Hofmatt	610090	233071	32	7	960	
20	EXWI	Niederwil	610282	232745	46	2	1584	
21	EXWI	Niederwil	610282	232745	46	2	1764	
1	EXWI	Fluhmatt	611606	240074	4	5	NA	

ZHAW Departement N. BA, Henseler, D.

2	EXWI	Fluhmatt	611606	240074	4	5	NA	
3	EXWI	Fluhmatt	611606	240074	4	5	NA	
4	EXWI	Fluhmatt	611606	240074	4	5	NA	
5	EXWI	Fluhmatt	611606	240074	4	5	NA	
49	TRWE	Herbetswil	611709	239196	56	5	4375	
50	TRWE	Herbetswil	611709	239196	56	5	1953	
51	TRWE	Herbetswil	611709	239196	56	5	6300	
52	TRWE	Herbetswil	611709	239196	56	5	297	
53	TRWE	Herbetswil	611709	239196	56	5	1932	
54	EXWE	Aedermannsdorf	611758	239784	40	11	24500	entlang von Zaun (Weide/Wiese)
55	EXWE	Aedermannsdorf	611758	239784	40	11	36015	entlang von Zaun (Weide/Wiese)
56	EXWE	Aedermannsdorf	611758	239784	40	11	28512	entlang von Zaun (Weide/Wiese)
57	EXWE	Aedermannsdorf	611758	239784	40	11	5940	entlang von Zaun (Weide/Wiese)
58	EXWE	Aedermannsdorf	611758	239784	40	11	1014	entlang von Zaun (Weide/Wiese)
59	EXWE	Aedermannsdorf	611758	239784	40	11	7920	entlang von Zaun (Weide/Wiese)
60	EXWE	Aedermannsdorf	611758	239784	40	11	15300	entlang von Zaun (Weide/Wiese)
61	EXWE	Aedermannsdorf	611758	239784	40	11	23040	entlang von Zaun (Weide/Wiese)
62	EXWE	Aedermannsdorf	611758	239784	40	11	14586	entlang von Zaun (Weide/Wiese)
63	EXWE	Aedermannsdorf	611758	239784	40	11	25600	entlang von Zaun (Weide/Wiese)
64	EXWE	Aedermannsdorf	611758	239784	40	11	6750	entlang von Zaun (Weide/Wiese)
89	TRWE	Passwang	616660	245094	12	7	40000	in Grasbülten
90	TRWE	Passwang	616660	245094	12	7	27225	in Grasbülten
91	TRWE	Passwang	616660	245094	12	7	21160	in Grasbülten
92	TRWE	Passwang	616660	245094	12	7	47500	in Grasbülten
93	TRWE	Passwang	616660	245094	12	7	10816	
94	TRWE	Passwang	616660	245094	12	7	18432	
95	TRWE	Passwang	616660	245094	12	7	28577	
74	TRWE	Balsthal	618379	242093	32	7	4600	
75	TRWE	Balsthal	618379	242093	32	7	9152	
76	TRWE	Balsthal	618379	242093	32	7	13468	
77	TRWE	Balsthal	618379	242093	32	7	5940	

ZHAW Departement N. BA, Henseler, D.

78	TRWE	Balsthal	618379	242093	32	7	1650
79	TRWE	Balsthal	618379	242093	32	7	2850
80	TRWE	Balsthal	618379	242093	32	7	2380
81	EXWE	Bal_Oberbergweid	618506	242419	52	4	3213
82	EXWE	Bal_Oberbergweid	618506	242419	52	4	4620
83	EXWE	Bal_Oberbergweid	618506	242419	52	4	8450
84	EXWE	Bal_Oberbergweid	618506	242419	52	4	3780
73	TRWI	Bal_Hoechmatt	618633	242842	16	0	0
85	EXWI	Bal_Oberberg	618920	242250	48	4	5200
86	EXWI	Bal_Oberberg	618920	242250	48	4	2160
87	EXWI	Bal_Oberberg	618920	242250	48	4	4250
88	EXWI	Bal_Oberberg	618920	242250	48	4	6188
96	TRWI	Oensingen	620837	238009	20	2	782
97	TRWI	Oensingen	620837	238009	20	2	572
98	EXWE	Oen_Braente	620909	238370	12	1	3000
99	EXWI	Oen_Horn	621331	238295	32	5	1584
100	EXWI	Oen_Horn	621331	238295	32	5	8910
101	EXWI	Oen_Horn	621331	238295	32	5	3920
102	EXWI	Oen_Horn	621331	238295	32	5	6630
103	EXWI	Oen_Horn	621331	238295	32	5	252
72	TRWI	Hol_Gassenacker	623125	242676	44	0	0
67	TRWI	Hol_Almend	623735	242950	12	1	2250

## Anhang E: R Skript

```
#####
setwd("C:/Users/Dominik/Dropbox/UI.3/3.Studienjahr/Bachelor/Arbeit/Resultate/Bachelor_R")
#####
# Uebersicht
# kp1.1 Datenanalyse Ameisenhaufen Plot
# kp1.2 Datenanalyse Vegetation
# kp1.3 Datenanalyse Transekt
# kp2 Methodenvergleich (Vergleich Kreisplot und Transekt)
# kp3 Wiederholbarkeit (Nestfunde 1. und 2. Durchgang Gegenuebergestellung)
# kp4.1 POISSON-MODELL Anzahl Nester in Gruenlandtypen
# kp4.2.Anzahl Nester/Nestvolumen ~ Deckungsgrad im Kreisplot
# kp4.3.Anzahl Nester/Nestvolumen ~ Vegetationshoehe im Kreisplot
# kp4.3.B POISSON-MODELL / LINEARES MODELL Nestkubatur ~ Vegetationshoehe im Kreisplot
# kp5.1 Nestanzahl-Vegetationsparameter (multivariates ANOVA-POISSON-Modell)
# kp5.2 Nestvolumen-Vegetationsparameter(multivaariate Modelle)
#####
# Daten
Ameisenhaufen=read.delim("Parameter_Ameisenhaufen.csv",sep=";",dec=".",header=TRUE)
Vegetation <- read.delim("Parameter_unbelebt-vegetation.csv",sep=";",dec=".",header=TRUE)
Transekt=read.delim("Parameter_Transekt.csv",sep=";",dec=".",header=TRUE)
#####
# Zuweisungen
d.am12 <- Ameisenhaufen[!duplicated(paste(Ameisenhaufen$ID_Plot,Ameisenhaufen$Durchgang)),]
d.am1 <- d.am12[d.am12$Durchgang==1,]
d.amh1 <- Ameisenhaufen[Ameisenhaufen$Durchgang==1,]
d.amh1[is.na(d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot),]
d.amh1[!is.na(d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot) & d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot==0,]
d.amh1<-d.amh1[!is.na(d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot)&d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot>0,]
d.amh1$Nestgr.log <- log(d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot)
d.veg1 <- Vegetation[Vegetation$Durchgang==1,]
d.am1$Deckungsgrad <- d.veg1$Deckungsgrad[match(d.am1$ID_Plot,d.veg1$ID_Plot)]
d.am1$Veg_Hoehe <- d.veg1$Vegetationshoehe_Durchschnitt[match(d.am1$ID_Plot,d.am1$ID_Plot)]
d.amP <- aggregate(Anzahl_Nester_Plot ~ Parzelle+Gruenlandtyp_Ameisenhaufen, data=d.am1, FUN=sum)
d.tr <- Transekt[!duplicated(Transekt$Parzelle),]
d.amP$Anzahl_Nester_Transekt <- d.tr$Anzahl_Nester_Transekt[match(d.amP$Parzelle,d.tr$Parzelle)]
Ameisenhaufen$Veg_Hoehe<-Vegetation$Vegetationshoehe_Durchschnitt[match(paste(Ameisenhaufen$ID_Plot,Ameisenhaufen$Durchgang), paste(Vegetation$ID_Plot,Vegetation$Durchgang))]
Ameisenhaufen$Deckungsgrad <- Vegetation$Deckungsgrad[match(paste(Ameisenhaufen$ID_Plot,Ameisenhaufen$Durchgang), paste(Vegetation$ID_Plot,Vegetation$Durchgang))]
#####
#kp1.1 Datenanalyse Ameisenhaufen Plot
#####
#Parameter Ameisenhaufen:
```

```

d.am12$ID_Ameisenhaufen <-NULL
d.am12$Ameisen_vorhanden <-NULL
d.am12$Ameisenstadium <-NULL
d.am12$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot <-NULL
d.am12$Bemerkung_Ameisenhaufen <-NULL
head(d.am12)
#Nestanzahl~Gruenlandtyp
boxplot(d.am12$Anzahl_Nester_Plot~d.am12$Gruenlandtyp_Ameisenhaufen,xlab="Grünland-
typ",ylab="Anzahl Nester")
boxplot(d.am12$Anzahl_Nester_Plot~d.am12$Lebensraum,xlab="Lebensraum",ylab="Anzahl Nester")
#Nestkubatur~Gruenlandtyp
ix <- Ameisenhaufen$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot>0 & !is.na(Ameisenhaufen$Rel.Nestgroesse_Hau-
fen_Plot)
Ameisenhaufen$kubatur_plot.log[ix] <- log(Ameisenhaufen$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot[ix])
boxplot(Ameisenhaufen$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot[ix]~Ameisenhaufen$Gruenlandtyp_Ameisenhau-
fen[ix],log="y",ylim=c(1,100000),xlab="Grünlandtyp",ylab="Volumen [cm^3] log",yaxt="n") options(sci-
pen=20)
axis(2,c(1,10,100,1000,10000,100000))
boxplot(Ameisenhaufen$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot[ix]~Ameisenhaufen$Lebensraum[ix],log="y",
ylim=c(1,100000),xlab="Lebensraum",ylab="Volumen [cm^3] log",yaxt="n")
axis(2,c(1,10,100,1000,10000,100000))
#####
## kp1.2 Datenanalyse Vegetation
#####
#Parameter Vegetation:
Vegetation$Deckungsgrad[is.na(Vegetation$Deckungsgrad)] <- 75 # manuell interpoliert aufgrund der an-
deren Werte von dieser Parzelle
#Visualisierung
#Vegetationshoehe~Gruenlandtyp
par(mfrow=c(1,2))
ix <- Vegetation$Durchgang==1
boxplot(Vegetation$Vegetationshoehe_Durchschnitt[ix]~Vegetation$Gruenlandtyp[ix],xlab="Grünland-
typ",ylab="Vegetationshöhe [cm]")
boxplot(Vegetation$Vegetationshoehe_Durchschnitt~Vegetation$Gruenlandtyp,xlab="Grünland-
typ",ylab="Vegetationshöhe [cm]")
#Deckungsgrad~Gruenlandtyp
boxplot(Deckungsgrad~Gruenlandtyp, data=Vegetation[ix,],xlab="Grünlandtyp",ylab="Deckungsgrad [%]")
#Vegetationshoehe~Lebensraum
boxplot(Vegetation$Vegetationshoehe_Durchschnitt[ix]~Vegetation$Lebensraumcode[ix],xlab="Lebens-
raum",ylab="Vegetationshöhe [cm]")
#Deckungsgrad~Lebensraum
boxplot(Vegetation$Deckungsgrad~Vegetation$Lebensraumcode,xlab="Lebensraum",ylab="Deckungsgrad
[%]")
#####
## kp1.3 Datenanalyse Transekt

```

```
#####
#Parameter subjektiver Transekt:
d.tr$ID_Ameisenhaufen_Transekt <- d.tr$Rel.Nestgroesse_Transekt <- d.tr$Bemerkung_Transekt <- NULL
###Visualisierung
#Anzahl Nester~Gruenlandtyp
boxplot(Transekt$Anzahl_Nester_Transekt~Transekt$Gruenlandtyp_Transekt,xlab="Grünland-
typ",ylab="Anzahl Nester")
#Nestvolumen~Grünland
boxplot(Transekt$Rel.Nestgroesse_Transekt~Transekt$Gruenlandtyp_Transekt,log="y",y-
lim=c(100,100000),
xlab="Grünlandtyp",ylab="Volumen [cm^3] log",yaxt="n")
options(scipen=20)
axis(2,c(1,10,100,1000,10000,100000))
#####
# kp2 Methodenvergleich (Vergleich Kreisplot und Transekt)
#####
# A - Vergleich bezueglich der Nestanzahl
names(d.amP)[names(d.amP)=="Anzahl_Nester_Plot"] <- "Anzahl_Nester_4Plots"
d.amP$Anzahl_Nester_4Plots.j <- jitter(d.amP$Anzahl_Nester_4Plots,amount=0.3)
d.amP$Anzahl_Nester_Transekt.j <- jitter(d.amP$Anzahl_Nester_Transekt,amount=0.3)
d.amP$t.y <- d.amP$Anzahl_Nester_Transekt
d.amP$t.y[d.amP$Anzahl_Nester_4Plots==1 & d.amP$Anzahl_Nester_Transekt==2] <-
d.amP$t.y[d.amP$Anzahl_Nester_4Plots==1 & d.amP$Anzahl_Nester_Transekt==2]+c(-0.15,0.15)
d.amP$t.y[d.amP$Anzahl_Nester_4Plots==3 & d.amP$Anzahl_Nester_Transekt==2] <-
d.amP$t.y[d.amP$Anzahl_Nester_4Plots==3 & d.amP$Anzahl_Nester_Transekt==2]+c(-0.15,0.15)
d.amP$t.y[d.amP$Anzahl_Nester_4Plots==5 & d.amP$Anzahl_Nester_Transekt==7] <-
d.amP$t.y[d.amP$Anzahl_Nester_4Plots==5 & d.amP$Anzahl_Nester_Transekt==7]+c(-0.15,0.15)
plot(d.amP$Anzahl_Nester_4Plots,d.amP$t.y, type="n",xlab="Nester Kreisplot / Parzelle",ylab="Nester
Transekt / Parzelle")
text(d.amP$Anzahl_Nester_4Plots,d.amP$t.y,d.amP$Gruenl,cex=0.7,col=as.numeric(d.amP$Gruenl))
# B - Vergleich bezueglich der Volumina
ix <- Ameisenhaufen$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot>0 & !is.na(Ameisenhaufen$Rel.Nestgroesse_Hau-
fen_Plot)
tt <- tapply(Ameisenhaufen$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot[ix], Ameisenhaufen$Parzelle[ix], mean, na.rm=T)
d.amP$kubatur_4plots <- as.numeric(tt)[match(d.amP$Parzelle,names(tt))]
ix <- Transekt$Rel.Nestgroesse_Transekt>0 & !is.na(Transekt$Rel.Nestgroesse_Transekt)
tt <- tapply(Transekt$Rel.Nestgroesse_Transekt[ix], Transekt$Parzelle[ix], mean, na.rm=T)
d.amP$kubatur_tr <- as.numeric(tt)[match(d.amP$Parzelle,names(tt))]
plot(d.amP$kubatur_4plots,d.amP$kubatur_tr, type="n",log="xy",xlab="Volumen Kreisplot / Parzelle
[log]",ylab="Volumen Transekt / Parzelle [log]")
text(d.amP$kubatur_4plots,d.amP$kubatur_tr,d.amP$Gruenl,cex=0.7,col=as.numeric(d.amP$Gruenl))
#####
# kp3 Wiederholbarkeit (Nestfunde 1. und 2. Untersuchung Gegenuebergestellung)
#####
```



```

plot(NA,NA,xlim=c(0.8,2.2),ylim=c(0,9),type="n",xaxt="n",las=1,xlab="Untersuchung",ylab="Anzahl Nester /
Plot")
axis(1,1:2,labels=c("1.", "2."))
for(id in unique(d.am12$ID_Plot)) {
  tt <- d.am12[d.am12$ID_Plot==id,]
  if(nrow(tt)==1) next
  if(tt$Gruenlandtyp_Ameisenhaufen[1]=="TRWI") t.lty = 1
  if(tt$Gruenlandtyp_Ameisenhaufen[1]=="TRWI") t.col = 3
  if(tt$Gruenlandtyp_Ameisenhaufen[1]=="EXWI") t.lty <- 3
  if(tt$Gruenlandtyp_Ameisenhaufen[1]=="EXWI") t.col <- 4
  segments(1,jitter(tt$Anzahl_Nester_Plot[tt$Durchgang==1],amount=0.12),2,jitter(tt$Anzahl_Nes-
ter_Plot[tt$Durchgang==2],amount=0.12),lty=t.lty,col=t.col)}
legend("topright",lty=c(1,3),col=c(3,4),legend=c("Trockenwiese", "Extensive Wiese"),bty="n")
#####
# kp4.1 Anzahl Nester in Gruenlandtypen (ANOVA-POISSON)
#####
mod_N <- glm(Anzahl_Nester_Plot ~ Gruenlandtyp_Ameisenhaufen, data=d.am1,family="poisson")
drop1(mod_N, test="F")
summary(mod_N)
exp(predict(mod_N))
newdat <- data.frame(Gruenlandtyp_Ameisenhaufen=levels(d.am1$Gruenlandtyp_Ameisenhaufen))
### für kontinuierlicher predictor:
newdat$fit.log <- predict(mod_N, newdata=newdat)
newdat$se.log <- predict(mod_N, newdata=newdat, se.fit=T)$se.fit
newdat$fit <- exp(newdat$fit.log)
newdat$lwr.log <- newdat$fit.log - 2*newdat$se.log
newdat$upr.log <- newdat$fit.log + 2*newdat$se.log
newdat$lwr <- exp(newdat$lwr.log)
newdat$upr <- exp(newdat$upr.log)
windows(5,3)
par(mar=c(4,4,0.2,0.2))
plot(NA,NA,xlim=c(0.6,4.4),ylim=c(0,max(newdat$upr)),type="n",xaxt="n",las=1,xlab="Grün-
landtyp",ylab="Anzahl Nester / Plot",cex.axis=0.85)
axis(1,1:4,labels=newdat$Gruenlandtyp_Ameisenhaufen,cex.axis=0.85)
segments(1:4,newdat$lwr,1:4,newdat$upr)
points(1:4,newdat$fit,pch=21,bg="grey",cex=1.5)
#####
# kp4.2. Anzahl Nester/Volumen ~ Deckungsgrad im Kreisplot
#####
###POISSON
mod_ND <- glm(Anzahl_Nester_Plot ~ Deckungsgrad + I(Deckungsgrad^2), data=d.am1,family="poisson")
summary(mod_ND)
## für kontinuierlicher predictor:
newdat <- data.frame(Deckungsgrad = seq(min(d.am1$Deckungsgrad,na.rm=T),max(d.am1$Deckungs-
grad,na.rm=T),l=100))

```

```

newdat$Deckungsgrad.logit <- log(newdat$Deckungsgrad/100 / (1-newdat$Deckungsgrad/100))
newdat$fit.log <- predict(mod_ND, newdata=newdat)
newdat$se.log <- predict(mod_ND, newdata=newdat, se.fit=T)$se.fit
newdat$fit <- exp(newdat$fit.log) # Geschätzter wert pro Habitattyp = arithmm. mittel
newdat$lwr.log <- newdat$fit.log - 2*newdat$se.log
newdat$upr.log <- newdat$fit.log + 2*newdat$se.log
newdat$lwr <- exp(newdat$lwr.log)
newdat$upr <- exp(newdat$upr.log)
windows(5,3)
par(mar=c(4,4,0.2,0.2))
plot(newdat$Deckungsgrad,newdat$fit,type="l",las=1,xlab="Deckungsgrad [%]",ylab="Anzahl
Nester",cex.axis=0.85,ylim=c(min(newdat$lwr),max(newdat$upr)))
lines(newdat$Deckungsgrad,newdat$lwr,lty=3)
lines(newdat$Deckungsgrad,newdat$upr,lty=3)
####Linear log Zielgrösse
ix <- d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot > 0 & !is.na(d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot)
d.amh1$kubatur_plot.log[ix] <- log(d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot[ix])
d.amh1$Deckungsgrad <- d.veg1$Deckungsgrad[match(d.amh1$ID_Plot,d.veg1$ID_Plot)]
mod_NVH <- lm(kubatur_plot.log ~ Deckungsgrad , data=d.amh1[ix,])
summary(mod_NVH)
## für kontinuierlicher predictor:
newdat <- data.frame(Deckungsgrad = seq(min(d.amh1$Deckungsgrad[ix],na.rm=T),max(d.amh1$De-
ckungsgrad[ix],na.rm=T),l=100))
newdat$fit.log <- predict(mod_NVH, newdata=newdat)
newdat$se.log <- predict(mod_NVH, newdata=newdat, se.fit=T)$se.fit
newdat$fit <- exp(newdat$fit.log) # Geschätzter wert pro Habitattyp = arithm. mittel
newdat$lwr.log <- newdat$fit.log - 2*newdat$se.log
newdat$upr.log <- newdat$fit.log + 2*newdat$se.log
newdat$lwr <- exp(newdat$lwr.log)
newdat$upr <- exp(newdat$upr.log)
windows(5,3)
par(mar=c(4,4,0.2,0.2))
plot(d.amh1$Deckungsgrad[ix],d.amh1$Rel.[ix],las=1,xlab="Deckungsgrad [%]",ylab="Volumen [cm^3]
log",cex.axis=0.85,col="gray",log="y")
lines(newdat$Deckungsgrad,newdat$fit,lwd=2)
lines(newdat$Deckungsgrad,newdat$lwr,lty=3)
lines(newdat$Deckungsgrad,newdat$upr,lty=3)
#####
# kp4.3. Anzahl Nester/Volumen ~ Vegetationshoehe im Kreisplot
#####
####POISSON
mod_NVH <- glm(Anzahl_Nester_Plot ~ Veg_Hoehe, data=d.am1,family="poisson")
summary(mod_NVH)
newdat <- data.frame(Veg_Hoehe =
seq(min(d.am1$Veg_Hoehe,na.rm=T),max(d.am1$Veg_Hoehe,na.rm=T),l=100))

```

```
newdat$fit.log <- predict(mod_NVH, newdata=newdat)
newdat$se.log <- predict(mod_NVH, newdata=newdat, se.fit=T)$se.fit
newdat$fit <- exp(newdat$fit.log) # Geschätzter wert pro Habitattyp = arithm. mittel
newdat$lwr.log <- newdat$fit.log - 2*newdat$se.log
newdat$supr.log <- newdat$fit.log + 2*newdat$se.log
newdat$lwr <- exp(newdat$lwr.log)
newdat$supr <- exp(newdat$supr.log)
windows(5,3)
par(mar=c(4,4,0.2,0.2))
plot(newdat$Veg_Hoehe,newdat$fit,type="l",las=1,xlab="Vegetationshöhe [cm]",ylab="Anzahl
Nester",cex.axis=0.85,ylim=c(min(newdat$lwr),max(newdat$supr)))
lines(newdat$Veg_Hoehe,newdat$lwr,lty=3)
lines(newdat$Veg_Hoehe,newdat$supr,lty=3)
####Linear log Zielgrösse
d.amh1$Veg_Hoehe <- d.veg1$Vegetationshoehe_Durchschnitt[match(d.amh1$ID_Plot,d.veg1$ID_Plot)]
d.amh1$kubatur_plot.log <- log(d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot)
mod_NVH <- lm(kubatur_plot.log ~ Veg_Hoehe, data=d.amh1)
summary(mod_NVH)
## für kontinuierlicher predictor:
newdat <- data.frame(Veg_Hoehe = seq(min(d.amh1$Veg_Hoehe, na.rm=T),max(d.amh1$Veg_Hoehe,
na.rm=T),l=100))
newdat$fit.log <- predict(mod_NVH, newdata=newdat)
newdat$se.log <- predict(mod_NVH, newdata=newdat, se.fit=T)$se.fit
newdat$fit <- exp(newdat$fit.log) # Geschätzter wert pro Habitattyp = arithm. mittel
newdat$lwr.log <- newdat$fit.log - 2*newdat$se.log
newdat$supr.log <- newdat$fit.log + 2*newdat$se.log
newdat$lwr <- exp(newdat$lwr.log)
newdat$supr <- exp(newdat$supr.log)
windows(5,3)
par(mar=c(4,4,0.2,0.2))
plot(d.amh1$Veg_Hoehe[ix],d.amh1$Rel.[ix],las=1,xlab="Vegetationshöhe [cm]",ylab="Volumen [cm^3]
log",cex.axis=0.85,col="gray",log="y")
lines(newdat$Veg_Hoehe,newdat$fit,lwd=2)
lines(newdat$Veg_Hoehe,newdat$lwr,lty=3)
lines(newdat$Veg_Hoehe,newdat$supr,lty=3)
#####
# kp5.1 Nestanzahl ~ Vegetationsparameter (multivariates ANOVA-POISSON-Modell)
#####
mod_NVM <- glm(Anzahl_Nester_Plot ~ Veg_Hoehe + Deckungsgrad + I(Deckungsgrad^2),
data=d.am1,family="poisson")
summary(mod_NVM)
hist(d.am1$Veg_Hoehe)
newdat <- expand.grid(Deckungsgrad = seq(min(d.am1$Deckungsgrad
,na.rm=T),max(d.am1$Deckungsgrad ,na.rm=T),l=100),Veg_Hoehe = c(10,25,40))
newdat$fit.log <- predict(mod_NVM, newdata=newdat)
```

```

newdat$se.log <- predict(mod_NVM, newdata=newdat, se.fit=T)$se.fit
newdat$fit <- exp(newdat$fit.log) # Geschätzter wert pro Habitattyp = arithm. mittel
newdat$lwr.log <- newdat$fit.log - 2*newdat$se.log
newdat$upr.log <- newdat$fit.log + 2*newdat$se.log
newdat$lwr <- exp(newdat$lwr.log)
newdat$upr <- exp(newdat$upr.log)
windows(6,4)
par(mar=c(4,4,1,1))
plot(jitter(d.am1$Deckungsgrad),jitter(d.am1$Anzahl_Nester_Plot),xlab="Deckungsgrad [%]",ylab="Anzahl
Nester",las=1,col="gray")
ix1 <- newdat$Veg_Hoehe==10
lines(newdat$Deckungsgrad[ix1],newdat$fit[ix1],col="yellow",lwd=2)
lines(newdat$Deckungsgrad[ix1],newdat$lwr[ix1],col="yellow",lty=3)
lines(newdat$Deckungsgrad[ix1],newdat$upr[ix1],col="yellow",lty=3)
ix2 <- newdat$Veg_Hoehe==25
lines(newdat$Deckungsgrad[ix2],newdat$fit[ix2],col="orange",lwd=2)
lines(newdat$Deckungsgrad[ix2],newdat$lwr[ix2],col="orange",lty=3)
lines(newdat$Deckungsgrad[ix2],newdat$upr[ix2],col="orange",lty=3)
ix3 <- newdat$Veg_Hoehe==40
lines(newdat$Deckungsgrad[ix3],newdat$fit[ix3],col="red",lwd=2)
lines(newdat$Deckungsgrad[ix3],newdat$lwr[ix3],col="red",lty=3)
lines(newdat$Deckungsgrad[ix3],newdat$upr[ix3],col="red",lty=3)
legend("topright",lwd=2,col=c("red","orange","yellow"),legend=c("40 cm","25 cm","10 cm"),bty="n")
#####
# kp5.2 Nestvolumen ~ Vegetationsparameter
#####
d.amh1 <- Ameisenhaufen[Ameisenhaufen$Durchgang==1,]
d.amh1[is.na(d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot),] # das sind die unterirdischen
d.amh1[!is.na(d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot) & d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot==0,]
d.amh1 <- d.amh1[!is.na(d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot) & d.amh1$Rel.Nestgroesse_Hau-
fen_Plot>0,]
d.amh1$Nestgr.log <- log(d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot)
d.amh1 <- d.amh1[!is.na(d.amh1$Deckungsgrad),]
hist(d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot)
hist(d.amh1$Nestgr.log)
mod_NVM <- lm(Nestgr.log ~ Veg_Hoehe + Deckungsgrad, data=d.amh1)
summary(mod_NVM)
# Residuen:
par(mfrow=c(2,2))
plot(mod_NVM)
## Interaktion? d.h. der Effekt von Veg-Höhe ist nicht gleich, je nach Deckungsgrad:
mod_NVM <- lm(Nestgr.log ~ Veg_Hoehe *Deckungsgrad, data=d.amh1)
summary(mod_NVM) # kein Anzeichen für die Interaktion
mod_NVM <- lm(Nestgr.log ~ Veg_Hoehe + Deckungsgrad, data=d.amh1)
## residuen vs. predictors:

```

```

scatter.smooth(d.amh1$Veg_Hoehe,resid(mod_NVM))
scatter.smooth(d.amh1$Deckungsgrad,resid(mod_NVM))
newdat <- data.frame(Deckungsgrad = seq(min(d.amh1$Deckungsgrad
,na.rm=T),max(d.amh1$Deckungsgrad ,na.rm=T),l=100),Veg_Hoehe = mean(d.amh1$Veg_Hoehe))
newdat$fit.log <- predict(mod_NVM, newdata=newdat)
newdat$se.log <- predict(mod_NVM, newdata=newdat, se.fit=T)$se.fit
newdat$fit <- exp(newdat$fit.log)
newdat$lwr.log <- newdat$fit.log - 2*newdat$se.log
newdat$upr.log <- newdat$fit.log + 2*newdat$se.log
newdat$lwr <- exp(newdat$lwr.log)
newdat$upr <- exp(newdat$upr.log)
windows(7,5)
par(mar=c(4,4,1,1))
plot(jitter(d.amh1$Deckungsgrad),d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot,xlab="Deckungsgrad
[%]",ylab="Volumen [cm^3] log",las=1,col="gray",log="y")
lines(newdat$Deckungsgrad,newdat$fit,lwd=2)
lines(newdat$Deckungsgrad,newdat$lwr,lty=3)
lines(newdat$Deckungsgrad,newdat$upr,lty=3)
newdat <- data.frame(Deckungsgrad = mean(d.amh1$Deckungsgrad),Veg_Hoehe =
seq(min(d.amh1$Veg_Hoehe ,na.rm=T),max(d.amh1$Veg_Hoehe ,na.rm=T),l=100))
newdat$fit.log <- predict(mod_NVM, newdata=newdat)
newdat$se.log <- predict(mod_NVM, newdata=newdat, se.fit=T)$se.fit
newdat$fit <- exp(newdat$fit.log)
newdat$lwr.log <- newdat$fit.log - 2*newdat$se.log
newdat$upr.log <- newdat$fit.log + 2*newdat$se.log
newdat$lwr <- exp(newdat$lwr.log)
newdat$upr <- exp(newdat$upr.log)
windows(7,5)
par(mar=c(4,4,1,1))
plot((d.amh1$Veg_Hoehe),d.amh1$Rel.Nestgroesse_Haufen_Plot,xlab="mittlere Vegetationshöhe
[cm]",ylab="Volumen [cm^3] log",las=1,col="gray",log="y")
lines(newdat$Veg_Hoehe,newdat$fit,lwd=2)
lines(newdat$Veg_Hoehe,newdat$lwr,lty=3)
lines(newdat$Veg_Hoehe,newdat$upr,lty=3)

```

## Poster

Zürcher Hochschule  
für Angewandte Wissenschaften

# Ameisenverfügbarkeit im Grünland als Nahrung für den Wendehals

Bachelorarbeit von Dominik Henseler  
Umweltingenieurwesen, 6. Semester  
07.09.2017

## Ausgangslage

Eine Verschlechterung des Habitats aufgrund der Intensivierung der Landwirtschaft, führte beim Wendehals ab den 1950er bis in die 1990er Jahre zu starken Bestandseinbüssen<sup>[1]</sup>, sodass er heute eine potentiell gefährdete Art der Roten Liste und Prioritätsart für die Artenförderung ist<sup>[2]</sup>. Dieser Brutvogel halboffener Lebensräume mit Grasfluren<sup>[1]</sup> ist auf eine lückige Vegetation mit 40 – 80 % freiem Boden<sup>[3]</sup> und grossem Ameisenreichtum angewiesen, wobei ihm die Ameisen in Form von Larven, Puppen und Imagines als Nahrungsressource dienen<sup>[4,5]</sup>.

## Fragestellung

1. Unterscheiden sich die vier verschiedenen Grünlandtypen (extensive Weide und extensive Wiese, Trockenweide, -wiese) und vorgefundenen Lebensräume bezüglich ihrer Ameisenverfügbarkeit, -erreichbarkeit?
2. Wie verändert sich das Nahrungsangebot des Wendehals während der Brutzeit?
3. Wie können die Ameisen in entsprechenden Grünlandtypen oder Lebensräumen mittels geeigneter Bewirtschaftung gefördert werden?

## Methode

Ich untersuchte zur Brutzeit die unbekannte Nahrungsverfügbarkeit und -erreichbarkeit des Wendehals in den in potentiellen Fördergebieten der Region des Solothurner Juras zwischen Grenchen, Oensingen und dem Scheltenpass. In 24 Parzellen suchte ich mit einer Kreisplot-Methode (n = 96 Plots)<sup>[6]</sup> und einer Transekt-Methode (n = 24 Transekte) nach Ameisennestern. Dabei zählte ich die Ameisennester, vermass die Ameisenhögel und bestimmte zusätzlich die Lebensräume in den Untersuchungsflächen.

## Resultate

Die höchste Verfügbarkeit von Ameisennestern fand ich in extensiven Wiesen und dem Lebensraum Arrhenatherion mit einer Dichte von 0,4 Nester/m<sup>2</sup>. Die Ameisenhögel mit den durchschnittlich grössten Volumina mass ich in den Trockenweiden (Median: 2'310 cm<sup>3</sup>), respektive im Arrhenatherion (Median: 702 cm<sup>3</sup>). Die Ameisenerreichbarkeit ist in den Trockenwiesen und -weiden, bei welchen ich ausschliesslich das Mesobromion feststellte, am geeignetsten. Hier herrscht die lückigste (80 %) und durchschnittlich niederste (15 cm) Vegetation. Die modellierte erwartete Anzahl Nester verändert sich mit dem Deckungsgrad und der Höhe der Vegetation (Abbildung 1). Es werden weniger Nester bei einem sehr geringen Deckungsgrad erwartet und es findet mit einer Zunahme der Deckung auch ein Anstieg an Nestern statt. Die Entwicklung der Ameisenaktivität in den 40 wiederholt untersuchten Plots verzeichnete eine Zunahme von 15 Ameisennestern (+ 25,4 %) und die Summe aller Högelvolumina nahm in der zweiten Untersuchung um 18,2 % (22'776 cm<sup>3</sup>) zu (Abbildung 2).

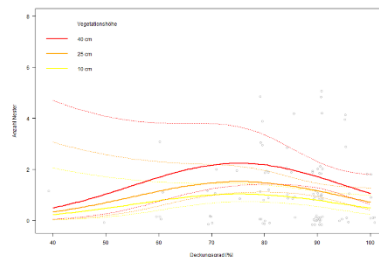


Abbildung 1: Nester pro Plot (n = 96) in Abhängigkeit von Deckungsgrad und Vegetationshöhe. Ergänzend zum erwarteten Mittelwert der Vegetationshöhe mit dem Vertrauensintervall (gepunktete Linien) sind die Rohdaten der Deckungsgradmessungen in Grau dargestellt.

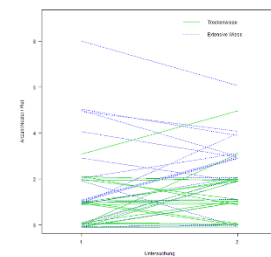


Abbildung 2: Vergleich der Anzahl Ameisennester der Plots (n) mit Wiederholungsuntersuchungen in der extensiven Wiese (n = 20) und der Trockenwiese (n = 20). Es wird pro Plot und Aufnahme die Anzahl Nester aufgeführt und miteinander verbunden.

## Konklusion

Sowohl in der Förderung des Wendehals als auch der Grünlandameisen, erachte ich es als wichtig, vermehrt die Lebensräume mit zu berücksichtigen. Dabei soll insbesondere ein Augenmerk auf das Mesobromion gelegt werden, welches in allen Grünlandtypen vertreten war. Insgesamt sollte auf eine stickstoffarme und

kleintierschonende Bewirtschaftung Rücksicht genommen und die Landwirtschaftsflächen reicher strukturiert werden. Weiterführende Untersuchungen zur Förderung des Wendehals im Solothurner Jura halte ich für sinnvoll, da einer der limitierenden Faktoren «Nahrung» erfüllt werden kann.



### Quellen:

- [1] Glutz von Blotzheim, U.N. & Bauer, K.M. (1980). Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Bd. 9. Columbi-formes – Piciformes, 1st edn. Wiesbaden: Akademische Verlagsgesellschaft.
- [2] Keller, V., Gerber, A., Schmid, H., Volek, B., Zbinden, N. (2010b). Artenliste mit Gefährdungskategorien. In: Rote Liste Brutvögel. Gefährdete Arten der Schweiz, Stand 2010. Bundesamt für Um-welt (BAFU) und Schweizerische Vogelwarte (Hrsg.), Bern: BBL
- [3] Weisshaupt, N., Arlettaz, R., Reichlin, T. S., Tagmannloset, A., Schaub, M. (2011). Habitat selection by foraging Wrynecks Jynx torquilla during the breeding season: identifying the optimal habitat profile. Bird Study, 58 (2), 111-119.
- [4] Freitag, A. (1996). Le régime alimentaire du Torcol fourmilier (Jynx torquilla) en Valais (Suisse). Nos Oiseaux 43, 497-512
- [5] Seifert, B. (2009). Lebensraumanalyse, Biomassen und Erreichbarkeit für Spechte relevanter Ameisen. In: Nationalparkverwaltung Harz (Hrsg.): Aktuelle Beiträge zur Spechtforschung – Tagungs-band 2008 der Projektgruppe Spechte der Deutschen Ornithologen-Gesellschaft. Schriftenreihe aus dem Nationalpark Harz, Bd. 3, 20-27.
- [6] Mermod, M., Reichlin, T. S., Arlettaz, R., Schaub, M. (2009). The importance of ant-rich habitats for the persistence of the Wryneck Jynx torquilla on farmland. Ibis 151(4), 731-742.
- [7] <https://www.google.ch>

Kontakt  
hensedom@students.zhaw.ch